



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis del Relave Filtrado como Sustituto del Relleno Estructural  
para Terraplenes de Relaves Filtrados, Unidad Cerro Lindo – Chavín –  
Chincha.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Quispe Isidro Eder Manacés (ORCID: 0000-0003-0468-4297)

ASESOR:

Mg. Ing. Solar Jara, Miguel Ángel (ORCID: 0000-0002-8661-418x)

LÍNEA DE INVESTIGACION

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

LIMA-PERÚ

2021

## DEDICATORIA

Agradecer a nuestro Dios, por haberme hecho caminar hasta este momento.

A mi madre Doménica Cardenal una campesina quechua hablante autóctona de la tierra, ejemplo de lucha, trabajo y perseverancia, que labra la tierra.

A mi padre Rómulo Marcelino que en paz descansa y que con sus consejos supo direccionarme en el camino en el que me encuentro.

Mis hermanos y en especial a mi hermano José Luis que lucha día a día. Y que a través de la lucha, perseverancia y fracasos se puede llegar lejos.

A mis amistades que supieron alentarme en esta larga y aventurera travesía de la ingeniería. Que para ellos también el sol sale ya lo que se propongan solo ustedes los pueden hacerlo realidad.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a la UNIVERSIDAD “CESAR VALLEJO” facultad de Ingeniería Civil por darme esta grandiosa oportunidad de formar parte de la familia Vallejana.

A mi asesor de tesis de grado Ing. Manuel Segura, de habernos direccionado hasta este punto de nuestra profesión.

A los profesionales que laboraron en la unidad minera Cerro Lindo” por su aporte en esta investigación.

A todos los ingenieros docentes la carrera de Ingeniería Civil. Que a través de su conocimiento y experiencia le dan realce a conocimiento para ser mejores profesionales y personas en la vida.

## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCION .....	2
II. MARCO TEORICO.....	7
III. METODOLOGIA.....	15
3.1. Tipo de investigación y diseño de investigación. ....	30
3.2. Variable y operacionalización .....	31
Variable independiente: Relave filtrado.....	31
3.3. Población (muestra, muestreo, unidad de análisis) .....	31
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	32
3.5. Procedimientos .....	32
3.6. Método de análisis de datos .....	33
3.7. Aspecto ético. ....	34
IV RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN .....	55
VI. CONCLUSIONES .....	62
VII. RECOMENDACIONES .....	65
VIII REFERENCIAS .....	67
ANEXOS .....	71



## Índice de tablas

Tabla 1 Densidad de relaves versus su contenido de agua. ....	11
Tabla 2: Parámetros usados para diseño hidráulico en la UMCL.....	27
Tabla 3 . Operacionalización de variables.....	31
Tabla 4. Propiedades geotécnicas del relave filtrado. ....	38
Tabla 5 Resumen de setenta y siete muestras de humedad. ....	42
Tabla 6. Resumen de las propiedades geotécnicas del relleno estructural.....	44
Tabla 7. Resumen general de las propiedades físicas y mecánicas relleno estructural.....	47
Tabla 8. Parámetros geotécnicos para análisis de estabilidad.....	48
Tabla 9. Tiempos estimados para transporte de materiales.....	51
Tabla 10: Distribución de precipitaciones mensuales mm, (Fuente: Lara Consulting). .....	53
Tabla 11 Maxima precipitación anual en 24 horas. ....	54
Tabla 12: Costo por m <sup>3</sup> de material explanado.....	58

## Índice de figuras

Figura 1 Zona de depositación de relaves filtrados denominado “Check Dam” ...	16
Figura 2 Representación de curva de fluidez. ....	21
Figura 3: Presentación de los métodos proctor ASTM. ....	22
Figura 4 . Sistema de clasificación SUCS, para su interpretación después del análisis granulométrico. ....	25
Figura 5 . Sistema de clasificación por AASHTO, para identificar y clasificar suelos. ....	26
Figura 6. Ecuación para determinar Índice de Grupo. ....	26
Figura 7. Vista aérea del área de estudio, se aprecia área seca. (Fuente: Google Earth). ....	28
Figura 8. Levantamiento topográfico para cálculo de volumen y análisis de estabilidad. ....	29
Figura 9. Aproximación de F.S. de estabilidad por diferentes métodos. ....	30
Figura 10. Esquema de proceso de desarrollo del proyecto de la investigación. .	33
Figura 11. Muestreo representativo en cantera "Botadero N°2" ....	36
Figura 12. Determinación de los límites de consistencia de relave filtrado. ....	37
Figura 13. Determinación del contenido de humedad inmediata con Speedy y reactivo. ....	37
Figura 14. Resumen de curvas de gradación y contenido de humedad natural de relave ....	38
Figura 15 . Gravedad específica del relave filtrado, de la unidad cerro lindo. Fuente: Tesis (Rodriguez Giron & Vizcardo Cordero) ....	39
Figura 16. Tendencia de ensayo de proctor modificado de relaves filtrados. ....	40
Figura 17. Resumen de ensayo de proctor modificado. ....	40
Figura 18. Resumen de las propiedades físicas del relaves filtrados ....	41
Figura 19. Representación de los ensayos de densidad de campo y MDS ....	42
Figura 20. Vista de trabajos de preparación de material relleno estructural. ....	43

Figura 21. Ensayo de análisis granulométrico de material de cantera para relleno estructural.....	43
Figura 22. Determinación del límite plástico del relleno estructural.....	44
Figura 23. Resumen de curva granulométrica siete ensayos.....	45
Figura 24. Histograma e incidencia del ensayo de proctor modificado. ....	45
Figura 25. Resumen de curvas de MDS del proctor modificado del relleno estructural.....	46
Figura 26. Histograma de los ensayos de consistencia y humedad del relleno estructural.....	46
Figura 27. Modelamiento de la sección en estado estático Factor de Seguridad = 1.90 .....	48
Figura 28. Modelamiento de la sección en estado Pseudo-estático, Factor de Seguridad=1.25 .....	49
Figura 29. Vista en planta de distancias para transporte de cada material. ....	50
Figura 30. Ensayo por método cono de arena en pie de explanación cota mas baja. ....	50
Figura 31: Análisis de costos unitarios para relleno por m <sup>3</sup> de material de relave.	51
Figura 32: Analisis de costos unitarios para relleno por m <sup>3</sup> de relleno estructural.	52
Figura 33: Análisis de costo para transporte de materia. ....	52
El ACU de los rellenos compactados se realizó de acuerdo a los criterios siguientes: .....	52
Figura 34: Presupuesto para movimiento de tierras, teniendo los metrados correspondientes.....	53
Figura 35 Histograma de precipitacion anual. ....	54
Figura 36: Comparativo de valores de relaves filtrados y relleno estructural. ....	56
Figura 37: Resumen de propiedad resistente (Proctor modificado). ....	57
Figura 38: Resumen promedio de densidad - humedad de relave en explanación. ....	57

Figura 39 . Analisis de costo por m <sup>3</sup> de material expando.....	58
Figura 40: Sub-partidas resumidas de ambos rellenos. ....	59
Figura 41 . Zarandeo de materia en cantera y acumulacion. ....	59
Figura 42 . Costo total del movimiento de tierras masivo y su incidencia. ....	60
Figura 43 . Acopio de depositacion Check Dam, cargui de relave filtrado. ....	60
Figura 44 . Explanacion de referncia en el las inmediaciones de la planta de filtrados.....	64

## RESUMEN

La presente investigación que lleva por título “ANÁLISIS DE RELAVES FILTRADOS COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD “CERRO LINDO” – CHAVIN – CHINCHA” tiene la finalidad de brindar una alternativa de solución a los problemas de rellenos donde no se cuente con cantera disponible o son escasos, para movimientos de tierra a gran escala o pequeña. Este, ya sea para plataformas, como subestructuras, fundaciones para estructuras, etc.

El relave minero filtrado, es un material que por sus características físico mecánicas es un suelo que permite clasificarse como una alternativa de solución debido a su disponibilidad en el área de influencia. Este tipo de relleno es de fácil colocación y compactación, ya que está al alcance debido a su producción, disponibilidad debido también este presenta mayor peso volumétrico, cuenta con humedad manejable para su carguío, transporte y colocación, este al ser compactado presenta alta densidad. A la vez se comporta como un suelo aceptable ante un uso específico evaluándolo con los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS. Conduciendo a una disminución en los costos y tiempo en su aplicación.

El proyecto de investigación se dividirá en siete capítulos de acuerdo a la estructura del proyecto de tesis, que en términos generales describen un estudio comparativo de los características físicas, mecánicas y costos del sistema de rellenos masivos controlados con material de relave versus relleno estructural (ambos siendo suelos), fundamentándose en los ensayos de laboratorio normados por la American Society For Testing Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). La cual permite demostrar que según el tipo y lugar del proyecto a desarrollar, el método de relleno masivo controlado con relaves filtrados es más rentable y sencillo de utilizar de acuerdo a sus características físico – mecánicas.

**Palabras clave:** Relaves filtrados, Relleno estructural, Terraplén

## ABSTRACT

The present investigation entitled "ANALYSIS OF FILTERED TAILINGS AS A SUBSTITUTE FOR STRUCTURAL FILLING FOR FILTERED TAILINGS LANDFILLS," CERRO LINDO "UNIT - CHAVIN - CHINCHA" has the purpose of providing an alternative solution to filling problems where no have quarry available or are scarce, for large or small scale earthworks. This, either for platforms, such as substructures, foundations for structures, etc.

Filtered mining tailings is a material that, due to its mechanical physical characteristics, is a soil that can be classified as an alternative solution due to its availability in the area of influence. This type of fill is easy to place and compact, since it is within reach due to its production, availability also due to this, it has a greater volumetric weight, it has manageable humidity for loading, transport and placement, when it is compacted it has high density. At the same time, it behaves as an acceptable soil for a specific use, evaluating it with the AASHTO and SUCS classification systems. Leading to a decrease in costs and time in its application.

The research project is divided into seven chapters according to the structure of the thesis project, which in general terms describe a comparative study of the physical, mechanical and cost characteristics of the massive landfill system controlled with tailings material versus structural fill (both being soils), based on laboratory tests regulated by the American Society For Testing Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Which allows to demonstrate that depending on the type and location of the project to be developed, the controlled mass filling method with filtered tailings is more profitable and easier to use according to its physical-mechanical characteristics.

Keywords: Filtered tailings, Structural fill, Embankment

## I. INTRODUCCION

En los grandes proyectos de ingeniería y construcción cada vez están buscando optimizar, economizar, reemplazar, mejorar, métodos y técnicas de construcción, con materiales denominados desechos.

De acuerdo a OSINERGMIN, (Ayala, 2018) indica que en la minería el problema principal es el manejo del relave, la realidad es causado la construcción para depósitos residuales como presas, incluso ha causado la incrementa de disposición de estos residuos en la minería”

La generación de relaves es el producto de actividades mineras, toda exploración, producción y benéfico de minerales debe regirse en base a la norma que estipula el MEM, a través del ministerio del ambiente, dirección regional de minería (DREM)

Los proyectos mineros no están excepto, ya que abarcan grandes extensiones en área, estando en constante apogeo de ampliación, construcción y a su vez generando desechos, donde en su construcción a veces no es común encontrar canteras o materiales para la obra ocasionando incremento del costos y retraso para el proyecto u obra. En tiempos de globalización y cambio climático es ideal el reaprovechamiento de desechos, (Reyes, 2017) en el diario Gestión escribe: En la ciudad Arequipa, se gestó un proyecto novedoso que se logró elaborar ladrillos usando los relaves depositados en la minería artesanal, esto sería potencial para el sector industrial del ladrillo, y a su vez contribuirá en la lucha contra la contaminación ambiental.

Esto hace entonces en el caso específico que las explanaciones de gran altura y volumen, que requieren materiales competentes de cantera se perciban la carencia, alto costo en la explotación, preparación, transporte y colocación de este, en una superficie de topografía accidentada como suele presentar la minería. Conllevando a que todo esto sea más complicado desarrollar un proyecto de construcción.

Debido a esta realidad pues surge usar relaves filtrados, previo al análisis del relave filtrado versus relleno estructural. Que con sus características físicas, mecánicas, estabilidad, evaluación en costo y criterio ingenieril, provea una solución coherente en las construcciones con diferentes fines. Debido a ello es que esta investigación se determinó su análisis, para su aplicación en los distintos proyectos de construcción de climas secos, el uso del relave filtrado, aminorando con ello la



explotación de canteras, emisión de polvo y mayor cuidado al medio ambiente en el proceso y establecer un análisis de costo para el proyecto, con respecto al uso tradicional de rellenos estructural material de cantera.

**Realidad problemática:** Utilizar el suelo como material de construcción es significativo en movimiento de tierras masivos, esto aún más cuando se requiere su explotación en cantera, debido a que se ajusta a parámetros de competencia en sus características físicas, mecánicas y calidad exigida por las normas. La dificultad en determinadas localidades es la falta de canteras y materiales competentes.

En efecto, el uso de los materiales tradicionales como es el caso del relleno estructural (afirmado) preparado en cantera en este caso es inasequible en determinados lugares o demasiado costoso su proceso de su elaboración de este, requiriéndose en este caso de otras alternativas para superar estas dificultades, en los relleno masivos controlados en los proyectos de ingeniería y construcción.

**Como problema general:** ¿Es factible sustituir el relleno estructural con relave filtrado para terraplén de relaves filtrados en la unidad Cerro Lindo?

**Como problema específico:** surge la cuestión, ¿Qué propiedades físicas y mecánicas hacen del relave filtrado una alternativa de sustituir al relleno estructural?, ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que se obtienen al aplicar el relave filtrado?, ¿Bajo qué condiciones es recomendable la aplicación del relave filtrado como reemplazo del relleno estructural?

**La justificación,** de la presente investigación pretende en dar a conocer una opción de reemplazo al relleno estructural compactado, evaluando para ello sus características geotécnicas (físicas y mecánicas), costo y beneficio, y su aplicación en los proyectos de construcción en el país, teniendo como referencia la presente investigación, en la conformación (terraplén) del plataformado para una nueva planta de filtrado.

Se tuvo también como finalidad, a través de ensayos estándar de laboratorio, conocer sus propiedades físicas de los materiales estudiados; de esta manera dar a conocer si este material se ajusta al sistema de clasificación de suelos y si son equivalentes o similares con los resultados con relleno estructural.

Mediante el análisis de precios unitarios (APU) se confrontó económicamente ambos materiales para explanación, incidiendo en los análisis de mano de obra, rendimiento, materiales y también los equipos requeridos; con esto evidenciar el resultado de la duración de dicha actividad en cuanto se opte por el relave filtrado.

Se pretende a su vez crear conocimiento, análisis e investigación más exhaustiva y profunda a estudiantes y profesionales en el aprovechamiento de este desecho.

**Con relación al objetivo general es:** Analizar técnica y económicamente al relave filtrado como sustituto factible de los rellenos estructurales para terraplén de relaves filtrados en la unidad Cerro Lindo.

**Como objetivos específicos se busca:** Analizar las propiedades físicas y mecánicas (humedad, granulometría, peso específico, sistema de clasificación, Límites de consistencia, proctor y densidad), determinar sus ventajas y desventajas, determinar condiciones en la cual sea recomendable su utilización del relave filtrado con respecto al relleno estructural.

Luego de haber planteado los problemas y objetivos del trabajo de investigación, a continuación se presenta, las hipótesis como sigue:

**Hipótesis general:** Los relaves filtrados cumplen con ciertos parámetros técnicos de rellenos estructurales y es factible dada las condiciones de costo, clima, distancia, elaboración y disposición en la explanación de relaves filtrados en Cerro Lindo.

**Desglosándose las siguientes hipótesis específicas:**

El relave filtrado tiene densidad superior considerable al compactarse y es clasificable en los sistemas SUCS y AASHTO de suelos como A-4 con valoración regular, con respecto al relleno estructural. La utilización de relave filtrado representa cierta reducción en costo y plazo para la ejecución de terraplenes, es de fácil utilización, desarrolla estabilidad aceptable y aminora costos; por lo tanto también, implica no aplicar su uso en climas lluviosos.

El relave filtrado, es utilizable para proyectos de construcción cuando la condición climática es generalmente áridas. También donde entorpecen los métodos tradicionales del uso de rellenos estructurales ya sea por costo, elaboración por

presentar accesos de tránsito restringido para la operación de maquinaria, requiriendo gran reducción en los plazos de ejecución y que esta no implique riesgo potencial como producto final.

## II. MARCO TEORICO

(Chipana, 2018) En su tesis denominado “Empleo del relave minero para el mejoramiento de las características mecánicas de la Carretera Ananea – Suches”. En el camino Ananea, para este estudio utilizo material producto de la minería que es el relave minero. Donde su objetivo principal de desarrollo de trabajo fue ejecutar el empleo de los relaves mineros con el fin de mejorar sus características físicas y mecánicas en el afirmado del camino mencionado Ananea – Suches. Donde la gradación de relaves en este caso precisa que son arenas limosa mal gradadas según el SUCS (sistema de clasificación unificada de suelos) y según la AASHTO lo clasifica como un suelo de tipo A1-b también indica bajo límite líquido; esto quiere decir que es un material de baja calidad con relación a la gradación que posee, por consiguiente, dicho material puede ser empleado en la obra de carreteras empleando la técnica de mejoramiento por combinación de suelos para poder completar los espacios en su gradación. (pág. 132)

(Calderon & Umiña, 2015) menciona que el almacenamiento del relave minero posee gran área en espacio de superficie induciendo a un elevado costo económico, ambiental y ecológico. En otro sentido, los volúmenes excesivos de materiales en son usados en la construcción y es escaso los materiales de construcción en el interior de país. Si se reciclaran los relaves mineros y utilizasen como parte o material de construcción, cabe lo posibilidad de prescindir de áreas de superficie que es necesarios para su depositacion, por consiguiente; es posible reducir el costo económico de mantener el pasivo minero y también riesgos ambientales. (pág. 1).

Huaña (2015) En la tesis “Diseño de depósito de relaves filtrados”. Se plantea como objetivo definir el proceso general donde involucra tanto diseño como construcción del depósito de relaves filtrados, desde su obtención de los relaves, recorriendo por el tipo de su transporte, trabajabilidad, llegando a la geometría final, incorporando las fases de compactación del relave filtrado, la cual esta última es nuestro objetivo. (pág. 5)

(Lara, 2013) En su presentación indica lo siguiente: La humedad de compactación de los relaves filtrados es determinada por sus características geotécnicas y mineralógicas. La compactación de relaves filtrados a la humedad del área seca de

la curva de compactación, permite la traficabilidad sobre los relaves depositados. En meses con presencia de lluvia es decisivo (Lara, 2013, pág. 14)

(Salazar, 2018) En su tesis “Estabilidad física de la presa de relaves para el nivel de crecimiento hasta la cota 4,320 M.S.N.M. utilizando relave cicloneado”. Concluye que las características geotécnicas de los relaves cicloneados influye en la estabilidad de presa de relaves en su crecimiento hasta el nivel 4,320.00 msnm, este material de conformación estuvo compuesta con relave grueso proveniente de la planta de concentrados, el cual fue compactado; de con respecto a las investigaciones geotécnicas realizadas, también ha definido que los relaves gruesos es del clase arena limosa SM según SUCS (sistema unificado de suelos); para determinar las propiedades de resistencia cortante del material de relave grueso (pág. 88).

(Almerco, 2014) En su investigación: “Construcción de dique con tratamiento del relave, en mina Catalina Huanca – Región Ayacucho”. El objetivo de su tesis fue, establecer los procedimientos de construcción para la ejecución de un dique de contención utilizándolo relaves donde evalúa sus características como propiedades físicas mecánicas del material del relave que conforma el dique. La metodología empleada que usó fue herramientas cualitativas, cuantitativas para identificar y asignar valores. En lo que concierne a los relaves, las obras de construcción de depositación o disposición, en la superficie del suelo conocida como Depósitos de Relaves el cual son residuos producto de actividad minera. A través de los últimos tiempos tanto en el Perú y en el exterior de índole minero, prescindir, como los relaves derivados de la operaciones mineras, vertiendo al entorno del medio ambiente. Era usual acumular los relaves en áreas de contención con muros de terraplenes elevados con el mismo relave y una vez que se consumida su explotación, los depósitos quedaban abandonados.

(Granda, 2016) En investigación: “Propuesta de diseño de ampliación de la relavera de la planta de beneficio La López en el cantón Camilo Ponce Enríquez”. Los ensayos lo realizó en un laboratorio (...) de dicha Escuela Superior Politécnica del Litoral y (...) la Universidad de Guayaquil, trazándose el objetivo y proponiendo el diseño y ampliación de la relavera para la planta de beneficio denominado “La López”, empleando la arena de relave, esto previo la evaluación de sus

características geotécnicas (...). Por razones de económicas de inversión, se planteó emplear las arenas de relave con y sin sulfuros como materiales que constituyen para el muro de la ampliación de la relavera, en donde menciona que el tema económico de la empresa es cero. Debido a ello realizaron indica, ensayos geo mecánicos que permita conocer las propiedades y características de dicho material. Seguidamente procedió a analizar la estabilidad del muro (estabilidad de talud) de la ampliación de la relavera, para ello se usó el programa SLOPE, y así obtener el factor de seguridad correspondiente.

(Fernández & Flores, 2019) En su artículo: “Modulo cortante y amortiguamiento de relaves mineros no saturados” indica: Como procedimiento experimental de material empleado; por tanto los relaves producto de la trituración y procesamiento de material pétreo (...). Estos materiales según SUCS se clasifican como arenas mal gradadas – limosas (SP-SM), la gravedad específica fue de 2.91, la distribución granulométrica muestra que la porción en peso de material fino ( $<0.075\text{mm}$ ) fue de 11.6%, arena (entre 0.075 y 4.75 mm) del 88.4%, no presenta tamaños tipo grava. El tamaño medio de partículas ( $D_{50}$ ) resulto 0.22 mm, un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 4.00, en cuanto al coeficiente de curvatura  $C_c$  fue 1.47. Redondez subangular (0.35). El limite liquido del fino es de 21.4%, sin haberse obtenido limite plástico (pág. sp).

En su libro (Crespo, 2007) señala, que la compactación del suelo es de suma importancia como medio para incrementar la resistencia y disminuir su asentamiento, con equipos pesados de compactación como es el rodillo, Crespo a su vez menciona la investigación de R. Proctor una vez conocida los factores que influyen en la compactación; ya que aplicando al suelo una determinada energía para compactar, el peso volumétrico alcanzado varia con su contenido de humedad, hasta obtener un peso volumétrico máximo, es decir un óptimo contenido de humedad con una densidad máxima la cual se denomina curva de compactación (pág. 99).

Relacionado a las **bases teóricas** se enumeran los siguientes:

**Relave filtrado:** En función de su depositación, Es similar al espesado. Se trata de un deposito en que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de

filtrado, para asegurar así una humedad menos a 20%. Esta filtración es también similar a la utilizada en agua potable (Servicio Nacional de Geología y Minería, pág. 2).

En cuanto a características físicas, el tamaño de partículas más abundante en un relave típico la variabilidad es desde 2 mm y 2  $\mu$ m, que equivale a arena y arcilla, respectivamente. (Nº, Ginocchio, & Leon, 2011, pág. 13).

También, el relave filtrado es primero espesado y seguidamente filtrado, con este proceso obtener el agua que contiene para su depositación como relave filtrado. Por temas de estabilidad, el relave filtrado requiere necesariamente ser compactados. Para esto, es necesario su desecación de los relaves in-situ. El proceso de producción del relave, la pluviosidad-evaporación del sitio, el tiempo y áreas de desecación, y la flexibilidad operacional pueden limitar el uso del relave filtrado. También el relave filtrado compactado tienen ciertas restricciones operativas de aplicación durante en los meses de moderada a alta precipitación (> 50 mm. de precipitación total mensual).

La compactación de relaves filtrados a la humedad del área seca de la curva de compactación, permite la traficabilidad sobre los relaves depositados. Esto es crítico en los meses lluviosos (Lara, 2013).

*Tabla 1 Densidad de relaves versus su contenido de agua.*

Densidad de pulpa % solidos	Volumen de agua por tonelada de relaves m <sup>3</sup> /Ton	Consistencia del relave
30	1.5	Pulpa
65	0.5	Espesado
75	0.3	Pasta
85	0.2	Filtrado

*Fuente: Golder Associates*

#### Material de Relave Equivalentes a un Suelo Húmedo

Esta alternativa requiere el tratamiento del relave proveniente de la planta de procesos, la manera de sacar la cantidad mayor de agua, obteniéndose de esta manera un material equivalente al suelo húmedo la cual es posible su depositación sin que se requiera un muro para su contención. Existiendo para esto distintos métodos: “Espesar, Filtrar” y la opción más actual es crear la que se denomina “Pasta de Relaves” (Ramirez, 2007, pág. 7).



**Los rellenos estructurales** establecen mejoras del terreno, en donde se reemplaza un suelo de características geotécnicas incompetentes y se mejoran con el aporte de materiales competentes, controlados y compactados, esto con la finalidad de asentar subestructuras o cimentaciones sobre ellas. Este material es usado principalmente para el relleno en excavaciones, como para alcantarillados, zanjas, en los laterales de estructuras de concreto, así como obras especificadas en un proyecto. También es usado como base de fundaciones en subestructuras y estructuras (Salgado & Peralta, 2016, pág. 31).

**La compactación** Es el procedimiento mediante la cual se obliga a que los granos al ponerse en contacto unas con otras expulsando aire de los poros, así reduciendo los espacios vacíos. Produciendo cambios de volumen en los suelos, debido a la pérdida de aire, debido que generalmente no expulsa agua durante el proceso, humedad es entonces una condición para la compactación. Entonces por este proceso se busca mejorar las propiedades del suelo, incrementando su resistencia y disminuyendo la capacidad de deformación que se obtiene al someter a esfuerzos externos (pág. 31)

También se denomina relleno estructural a los materiales provenientes de canteras y/o excavaciones masivas que cumplen parámetros, especificados y características físicas y mecánicas.

**Propiedades geotécnicas del suelo.** Las propiedades geotécnicas del suelo tanto, como su distribución granulométrica, plasticidad, compresibilidad y resistencia cortante, se evalúan con pruebas de laboratorio (...). Una vez determinado qué cimentación es la más económica, los profesionales deben considerar esfuerzo de la superestructura, condiciones de los estratos y el asentamiento tolerable deseado (Das, 2011, pág. 1).

**Propiedades físicas de los suelos y las rocas:** En los suelos, la textura, una definida su gradación y plasticidad, son los factores más importantes con relación a las propiedades geotécnicas y por eso se establece el criterio básico de la clasificación geotécnica de los suelos (Tamez, 2001, pág. 16).

(Cano, 2014). Al “Relleno Estructural” menciona: para su conformación en un pad de lixiviación en una de las fases ha requerido el uso del relleno estructural en la excavación de 1.7 Mm<sup>3</sup> de materiales incompetente con la finalidad de construir infraestructuras. Estimando un volumen en promedio de 725,000 m<sup>3</sup> de rellenos masivos controlados y 696,460 m<sup>3</sup> de relleno estructural. El material proveniente de la excavación para la nivelación fue seleccionado y usado en la conformación del relleno. Dicho material consiste en un GM (grava limosa) hasta una compactación del 95% de la máxima densidad seca del proctor estándar. En la última fase requirió el movimiento de tierras de 311,920 m<sup>3</sup> de relleno masivo controlado y 208,080 m<sup>3</sup> de relleno estructural (Cano, 2014, págs. 8,9).

En cuanto a los enfoques conceptuales se mencionan los siguientes:

**Relave:** Está definido como un desecho mineral solido con granulometría desde limo y arena resultante de los procesos de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo (Ministerio de Energia y Minas, pág. SP).

**Agregado bien gradado:** Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral con el objeto de obtener una mezcla bituminosa con un contenido de vacíos controlado y alta estabilidad (Dirección de Gneral de Caminos y Ferrocarriles, 2000).

**Compactación:** Densificación de un suelo por medio de una manipulación mecánica (Dirección de Gneral de Caminos y Ferrocarriles, 2000).

**Levantamiento topográfico:** Es el proceso de actividades que se lleva a cabo con la finalidad de describir la composición de partes de la superficie de la Tierra denominada relieve, conformada por la ubicación de accidentes naturales o artificiales. Esta información se obtiene a partir de la posición de puntos en el terreno, dando por resultado las formas y detalles a ser mostrados en el plano. En si un levantamiento topográfico en una serie de operaciones que tiene por objeto la obtención del plano topográfico integral (Zúñiga, 2010, pág. 192).

**Nivelación topográfica:** Llamada también altimetría, consiste en procesos por medio del cual es determinar elevaciones a partir de un nivel de referencia que generalmente es el nivel medio del mar (Zúñiga, 2010, pág. 327).

**Sitios de muestreo:** Sitio donde se debe obtener las muestras para someter a ensayos en laboratorio, o donde se debe verificar la calidad en campo. Estos sitio se denominaran mediante u proceso aleatorio, [esto aplicando una metodología y control] (Direccion General de Caminos y Ferrocarriles, 2000).

**Análisis de estabilidad de taludes:** Procedimiento en la cual es evaluar cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud (Ministerio de Vivienda, 2012).

### III. METODOLOGIA

Con el fin de conocer las propiedades físicas y mecánicas de relaves mineros, se han ejecutado diversos ensayos en laboratorio del material en objeto de estudio de la cantera (“botadero N°2” de relleno estructural y “Check Dam” del acopio de relave filtrado) donde se obtuvieron resultados de los análisis teniendo en consideración las metodologías de la ASTM (American Society for Testing Materials) y AASHTO (American Association of State Highway & Transportation Officials) en el laboratorio estándar de campo instalado en las inmediaciones de la unidad minera. Así mismo se describe la aplicación de métodos y técnicas aplicadas, como el ACU (análisis de costos unitarios), uso de programas (Excel, Slide, AutoCad, Civil 3D)

**Selección del material:** Se han realizado muestreos representativos de cada objeto de estudio en campo para los ensayos correspondientes, de acuerdo al método para poder reducir las muestras representativas a tamaños de muestra de ensayo del manual de ensayo de materiales del MTC E 103 – 2000 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).



*Figura 1 Zona de deposición de relaves filtrados denominado “Check Dam”*

**Descripción del material:** Las normas ASTM indica los procedimientos para realizar correctamente los ensayos (propiedad física) para los suelos o materiales en cuestión, así como la AASHOTO nos indica el método a escoger para realizar el ensayo de compactación (propiedad mecánica). Adicionalmente se requiere de especificaciones técnicas preestablecidas o la aceptación con ciertas características que un material no estandarizado posee pueda satisfacer la necesidad de un proyecto u obra.

La norma E-050 nos indica ciertas recomendaciones mínimas que debe cumplir un determinado material para construcción en cuanto a controles de calidad de este.

**Contenido de humedad y absorción:** El procedimiento usado con el fin de obtener el grado de contenido de agua y el respectivo porcentaje que absorbe de una muestra en laboratorio. En este procedimiento los materiales a emplear son taras enumeradas, balanzas, horno para secado, agua, utensilios y herramientas.

Con relación al proceso.

Se pesa el recipiente y se anota el N° en el formato de registro,

Se coloca la muestra humedad representativa en la tara, una vez pesado en la balanza se anota.

Se lleva al horno a una temperatura 110°C por un tiempo de 18 a 24 horas.

Retirar del horno, llevar a temperatura ambiente se registra su nuevo valor.

La diferencia de pesos en distintos tiempo arrojará un resultado el peso del agua, donde es indicado en porcentaje para su reporte en el formato de registro.

Una vez seca y registrada su peso, se procede a saturar la muestra en agua por un periodo de 24 horas para calcular su absorción.

Proceder a secar el agua superficial con un paño, registra su nuevo peso. La diferencia de pesos será la absorción del material y se expresa en porcentajes.

Cálculos de contenido de humedad y absorción:

$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$ ; Porcentaje de humedad, donde:

W% = Porcentaje de agua se expresa en %

Ww = peso del agua existente en la masa del material

Ws = peso de partículas solida de la muestra seca.

$(\%)Abs = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} * 100$ ; Porcentaje de absorción, donde:

W% = absorción de la muestra expresada en %.

Wsss = Peso de la muestra superficialmente seca.

$W_s$  = peso de las partículas sólidas de la muestra seca.

**Peso específico:** Describe los pasos que se sigue para determinación del peso específico, pasado las 24 horas de estar sumergido en agua dicho material. Los aparatos usados son la balanza, canastilla metálica y dispositivo de suspensión. La metodología y procedimiento normativo de referencia es la ASTM C 127

Con relación al procedimiento es como sigue:

La muestra se lava para eliminar polvo y otras sustancias extrañas adheridas; luego se seca en horno a 110 °C y enfriar a temperatura ambiente máximo por 3 horas. Seguidamente se pesa y registra en formato. Se sumerge en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Luego de la inmersión, se seca la muestra de agua y se secan las partículas con un paño que absorba el agua superficial visible evitando su evaporación. Determinamos su peso del material en estado de saturado con superficie seca (S.S.S).

Colocamos el material en el interior de la canastilla seguidamente determinamos su peso sumergido dentro del agua, a temperatura entre 21° y 25 °C. la canastilla y la muestra quedan completamente sumergidas durante el pesaje.

Se lleva al horno para su secado a temperatura de 110 °C, se enfría a temperatura ambiente por 3 horas máximo y se determina su nuevo peso seco.

Cálculos:

A = Peso en el aire de la muestra seca.

B = Peso al aire del material saturada con superficialmente seca.

C = Peso sumergido en agua del material saturada.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

**Análisis granulométrico:** En este ensayo lo rige el método de análisis granulométrico de la norma ASTM D422 que permite determinar y cuantificar la distribución de los tamaños de partículas del material, con los tamices. El equipo empleado para este método es la serie de tamices, balanza, horno de secado, bandejas, cepillo, brocha y la muestra representativa.

Fases de ensayo es como sigue:

- Mezclar, uniformizar, cuartear la muestra representativa.
- Secado en el horno a temperatura 100° a 110 °C, hasta por 24 horas.
- Lavado en el tamiz N° 200.
- Secado en el horno del material lavada a 110 °C.
- Tamizado del material con la serie de tamices.
- Pesaje de material retenido en cada malla y registro en formato.
- Correcciones y cálculos.

Cálculos: Para el cálculo de los ensayos se tienen:

- Porcentaje que pasa por cada malla.
- Porcentaje acumulado pasante por malla.
- Porcentaje retenido en cada malla.
- Porcentaje que retiene y acumula en cada malla.

$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{malla}} \cdot 100}{W_1}$ ; Donde:

$W_{\text{malla}}$  : Peso retenido por el tamiz.

$W_1$  : Peso de la muestra seca en horno.

**Limite líquido y limite plástico (ASTM D 4318).** Se denomina límite líquido al contenido de agua en una muestra por debajo del cual el suelo su comportamiento es como un material plástico. Entonces a este nivel de su contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento como de un fluido viscoso. Por lo tanto este límite plástico (LP) es también el contenido de humedad por debajo del cual es posible considerar al suelo como un material no plástico por presentar menos humedad, el suelo se cuartea y quiebra al formar trozos cilíndricos o bastoncitos cilíndricos. Entonces estos límites de Atterberg (LL y LP) se utilizan



para interpretar, clasificar e identificar al suelo en estudio, tanto que el límite líquido (LL) es usado para estimar asentamientos en cuestiones de consolidación; las fronteras entre estos estados son los llamados límites de Atterberg. Copa Casagrande, espátula, acanalador, taras, balanza, recipiente para mezclado, placa de vidrio esmerilado y horno.

Procedimiento de límite líquido:

- Preparado de la muestra seca, pasarlo por la malla N° 40 y obtener 250 gr.
- Colocar el material en vasija, añadir agua para humedecerla.
- Mezclar con ayuda de la espátula hasta uniformizarlo y homogenizar.
- Se coloca una masa húmeda en la copa casagrande se nivela la superficie.
- Pasar el acanalador cortando el suelo en dos por el centro de la copa.
- Suministramos movimiento a la copa, generando golpes con la manivela, hasta cerrar la ranura cortada hasta los 13 mm.
- Una vez cerrada la ranura hasta 13 mm, registrar el N° de golpes y extraer una pequeña porción para determinar su porcentaje de humedad.
- Se repite este proceso hasta tres veces hasta lograr diferentes humedades.

La curva de fluidez se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$W = -Fw * \log N + C$ ; Donde:

$W$  : Contenido de agua (humedad).

$Fw$  : Índice de fluidez, es la pendiente de la curva igual a la variación del contenido de humedad a un ciclo de la escala logarítmica.

$N$  : Numero de golpes correspondientes al contenido de humedad

$C$  : Constante que representada por la ordenada que corresponde a 1 golpe su se calculó es prolongando la recta.

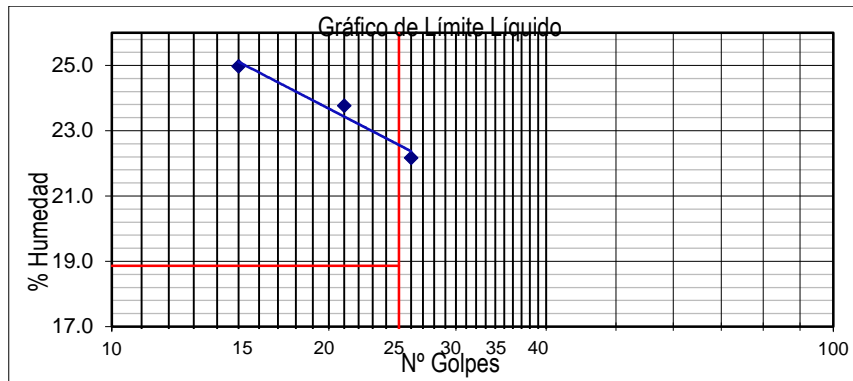


Figura 2 Representación de curva de fluidez.

Procedimiento de límite plástico:

- Se usa parte del material del límite líquido 20gr en promedio.
- Se mezcla el material que vaya perdiendo humedad hasta una consistencia hasta poder enrollarse sin que llegue a pegarse a la palma esparciéndolos en una placa de vidrio.
- Crear rollitos con movimiento de la palma de las manos hasta conseguir un diámetro de 3 mm.
- Realizar movimientos hasta que el bastoncito empiece a fisurarse luego de desmoronarse.
- Colocarlos en una tara de peso conocido, pesar, registrar, llevar al horno por 24 horas.
- El límite plástico es el promedio varias operaciones de muestras.

El porcentaje del límite plástico se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100; \text{ Contenido de humedad, donde:}$$

W% = contenido de agua se expresa en porcentaje.

Ww = peso del agua en la masa del material

Ws = peso de las partículas solida de la muestra seca.

**Índice de plasticidad (IP).** Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico para un determinado suelo que se da.

$$IP = LL - LP;$$

LL : Límite líquido

LP ; Límite plástico;

La diferencia cuantifica la amplitud o extensión del estado plástico de un suelo. Cuando no es posible determinarse uno de los límites, entonces no existe IP (índice de plasticidad) y se denomina como no plástico (NP).

**Proctor modificado (ASTM D-1557):** Este ensayo incluye el proceso para compactación que se usa en laboratorio, para estimar la relación entre el óptimo contenido de humedad (agua) y peso seco máximo unitario del suelo compactado en uno de los moldes de 4 ó 6 pulgadas de diámetro con un pisón de 10 lbf (44.5 N) que es ejercida de una altura de 18 pulgadas (457 mm), y que produce una energía de compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 kn-m/m<sup>3</sup>). Molde de 4" de diámetro (altura de 4.5", volumen de 0.0333 pie<sup>3</sup>), molde de 6" de diámetro (altura de 4.5", volumen de 0.075 pie<sup>3</sup>), pisón o martillo equipado con guía para caída (caída libre de 18", masa del pisón 10 lb-m), balanza, horno de secado, regla, tamices y herramientas de mezcla.

Tipo de ensayo	PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D698.91 (98)			PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98)		
Método	A	B	C	A	B	C
Condiciones para la elección del método	% Ret.Acum.Nº4 ≤ 20%	% Ret.Acum.3/ 8" ≤ 20% % Ret.Acum.Nº4 > 20%	% Ret.Acum.3/ 4" ≤ 30% % Ret.Acum.3/ 8" > 20%	% Ret.Acum.Nº4 ≤ 20%	% Ret.Acum.3/ 8" ≤ 20% % Ret.Acum.Nº4 > 20%	% Ret.Acum.3/ 4" ≤ 30% % Ret.Acum.3/ 8" > 20%
Tipo de material utilizado	Pasante la malla Nº4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"	Pasante la malla Nº4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
Nº de capas (n)	3	3	3	5	5	5
Nº de golpes (N)	25	25	56	25	25	56
Diámetro de molde (cm)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
Altura del molde (cm)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
Volumen del molde V (cm <sup>3</sup> )	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25	944 ± 0.14	944 ± 0.14	2124 ± 0.25
Peso del martillo W (Kg)	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	2.5 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
Altura caída del martillo h (cm)	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	30.48 ± 0.13	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
Energía de compactación (Kg/cm)cm <sup>3</sup> )	6.054	6.054	6.027	27.485	27.485	27.363

Figura 3: Presentación de los métodos proctor ASTM.

Procedimiento de ensayo:

- Escogemos el método de compactación de acuerdo a la granulometría.
- Compactar especímenes con diferentes % de agua, de acuerdo al método que indica el Nº de capas y golpes.

- Retirar la extensión, enraizar con la regla hasta el nivel superior del molde.
- Pesar el molde con el suelo y se registra en el formato.
- Del molde central con el espécimen se extrae una muestra representativa, se anota, se lleva al horno por 24 horas para su contenido de agua.
- Repetir los pasos anteriores a fin de conseguir la curva y tendencia, cuya cúspide corresponde al óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca.

Cálculos:

$$\gamma_{md} = \frac{\gamma_h}{1+\omega} \quad \text{y} \quad \gamma_{dz} = \frac{S_s}{1+WS_s} \gamma_{\omega} \quad \text{Donde:}$$

$\gamma_{md}$  : Densidad máxima seca del proctor.

$\gamma_h$  : Densidad húmeda del material

$\omega$  : Contenido de humedad del material.

$\gamma_{dz}$  : Peso volumétrico del suelo saturado.

$S_s$  : Peso específico de los sólidos.

$\gamma_{\omega}$  : Peso específico del agua.

**Ensayo de cono de arena (ASTM D-1556):** La norma de ensayo establece la metodología del ensayo estándar in situ, para determinar la densidad o peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena la cual es un frasco desmontable que contenedor de arena calibrada, válvula cilíndrica, cono, placa metálica cuadrada, con orificio 1/2" de diámetro, balanza, Speedy (con carburo de calcio para humedad inmediata), pico, cincel espátula, tara, martillo, brocha y arena calibrada.

Procedimiento de ensayo:

- Se excava un hoyo en el suelo, dentro del orificio de la placa base de acero del, que se colocara el cono de arena.
- Se tara el suelo que es extraído.
- Se calcula el contenido de humedad del suelo extraído.

- Con el cono y arena de densidad previamente conocida se coloca sobre el agujero de suelo y éste cono se coloca con la arena.
- Determinamos el peso de la arena ingresada al hoyo por diferencia de peso.
- Determinamos el volumen del hoyo el cual debe ser igual al volumen de la muestra extraída.
- Determinamos su densidad húmeda de la muestra extraída.
- Determinamos la densidad seca.
- Se compara la densidad seca de campo con la máxima densidad seca de laboratorio, obteniéndose así, el grado o porcentaje de compactación.

Cálculos:

$$\gamma_{md} = \frac{\gamma_m}{1+\omega} \quad \text{y} \quad GC (\%) = \frac{\gamma_{dm}}{MDS} * 100 \text{ Donde:}$$

$\gamma_{md}$  : Densidad seca in situ de la muestra.

$\gamma_m$  : Densidad húmeda in situ de la muestra.

$\omega$  : humedad in situ de la muestra extraída del material.

$GC$  : Grado o porcentaje de compactación y/o control de compactación.

$MDS$  : Máxima densidad seca del proctor modificado en el laboratorio.

Usualmente al momento de hacer la relación entre densidades de campo y laboratorio debemos hacer en las mismas condiciones de trabajo, hablamos del material predominante pero esto caso no se da; es por lo cual se realiza la corrección por grava. Esto se da cuando el material extradimensionado excede el 5% de la malla de mayor diámetro, de los métodos de ensayo del proctor y este proceso es complemento del ensayo de densidad de campo por cono de arena.

**Sistema de clasificación de suelos SUCS:** Este sistema unificado de clasificación de suelos, es la agrupación de estos con características similares. El objetivo de este sistema es estimar de manera práctica las propiedades del suelo por comparación con otros del mismo tipo, los cuales sus características previamente se conocen; son tantas las propiedades, combinaciones en los suelos y múltiples los intereses ingenieriles, que las clasificaciones están orientadas al campo de la ingeniería para la cual se desarrollaron. Este sistema fue desarrollado por Arthur

Casagrande la cual utiliza la textura para dar términos descriptivos como: “GW”, “GC”, “SM”, etc.

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .	Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	<5% → GW, GP, SW, SP. >12% → GM, GC, SM, SC.	$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	5 al 12% → casos límite que requieren usar doble símbolo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .	Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .		
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200							
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	<div>Ábaco de Casagrande</div>		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.					
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.					
Límite líquido menor de 50								
Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200								
Límite líquido mayor de 50								
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Figura 4 . Sistema de clasificación SUCS, para su interpretación después del análisis granulométrico.

**Sistema de clasificación de suelos AASHTO:** El departamento público de USA, introdujo este sistema de clasificación de suelos, para evaluar el suelo sobre los cuales se construirían en ese entonces las carreteras, posteriormente se modificó en 1945 como AASHTO. Este sistema de clasificación describe el procedimiento para clasificar e interpretar suelos en grupos, en función de las determinaciones de

laboratorio de granulometría y los límites de consistencia. La evaluación de cada grupo se hace mediante el IG (índice de grupo).

Se reporta en número entero; el grupo de clasificación, incluye el índice de grupo, es usado para determinar la calidad relativa de los suelos de terraplenes, material de sub-rasante, sub-bases y bases.

El valor de índice de grupo tiene que ir siempre en paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-2-6 (3). Cuando el suelo es NP o cuando el límite no puede ser determinado, el índice de grupo debe considerarse como (0).

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el Tamiz: N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Figura 5 . Sistema de clasificación por AASHTO, para identificar y clasificar suelos.

<p><b>Índice de grupo :</b></p> $IG = (F - 35) \cdot [0,2 + 0,005 \cdot (LL - 40)] + 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$ <p><b>Siendo :</b></p> <p>F : % que pasa el tamiz ASTM n° 200.</p> <p>LL : límite líquido.</p> <p>IP : índice de plasticidad.</p> <p>El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A - 2 - 6 y A - 2 - 7 se calcula usando sólo : <math>IG = 0,01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)</math></p>
---

Figura 6. Ecuación para determinar Índice de Grupo.

**Análisis de Costos Unitarios (ACU):** el planteamiento del ACU (análisis de costo unitarios) y el hallar el costo de cada partida, comprende un procedimiento especial

que están enfocados a rendimientos de la mano de obra y equipos, determinación de partidas del presupuesto de obra, materiales, insumos requeridos, costo de la mano de obra, gastos generales fijos, gastos generales variables, utilidad, flete (distancia virtual y terrestre)

**Clima e hidrología:** Como parte del ambiente físico la unidad minera Cerro Lindo esta ubicado en la Eco-región Serranía Esteparia y se extiende a lo largo del flanco occidental andino, desde los 1,000 y 3,000 MSNM. El clima característico es templado cálido a templado frío.

De acuerdo a la clasificación climática de W. Koppen el área donde se ubica el estudio presenta un Clima Seco, que se caracteriza principalmente por la evaporación que excede a las precipitaciones, adicionalmente es que siempre existe un déficit hídrico.

Con respecto a su hidrología que posee la cuenca de la quebrada Topará, nace de las cuencas del río Cañete y San Juan, la cual está formada por laderas de pendiente pronunciada (80°). La quebrada Topara, sus aportes de colección son fundamentalmente por las precipitaciones que se dan en las alturas, es por ello que se encuentra agua en época de lluvias.

El promedio máximo y mínimo de precipitación es de 49 mm y 18 mm respectivamente (ONERN, 1976).

La característica importante que definen la condicione meteorológica en la unidad Cerro Lindo son: insolación, temperatura, precipitación, nubosidad, humedad, presión, vientos. En la tabla 5 se aprecia los parámetros hidráulicos usados en la unidad Cerro Lindo para los cálculos hidráulicos.

*Tabla 2: Parámetros usados para diseño hidráulico en la UMCL*

<b>Parámetros hidráulicos usados para diseños en la UMCL</b>	
<b>Parámetro Hidráulico</b>	<b>Valor</b>
Precipitación max. 24 Hr (Tr=20 años)	41 mm
Coeficiente de escorrentía	0.4
Clima	Seco
Relieve	Árido
Caudal (l/s)	20.0
Régimen	Sub critico

*Fuente: Lara Consulting & Engineering S.A.C.*



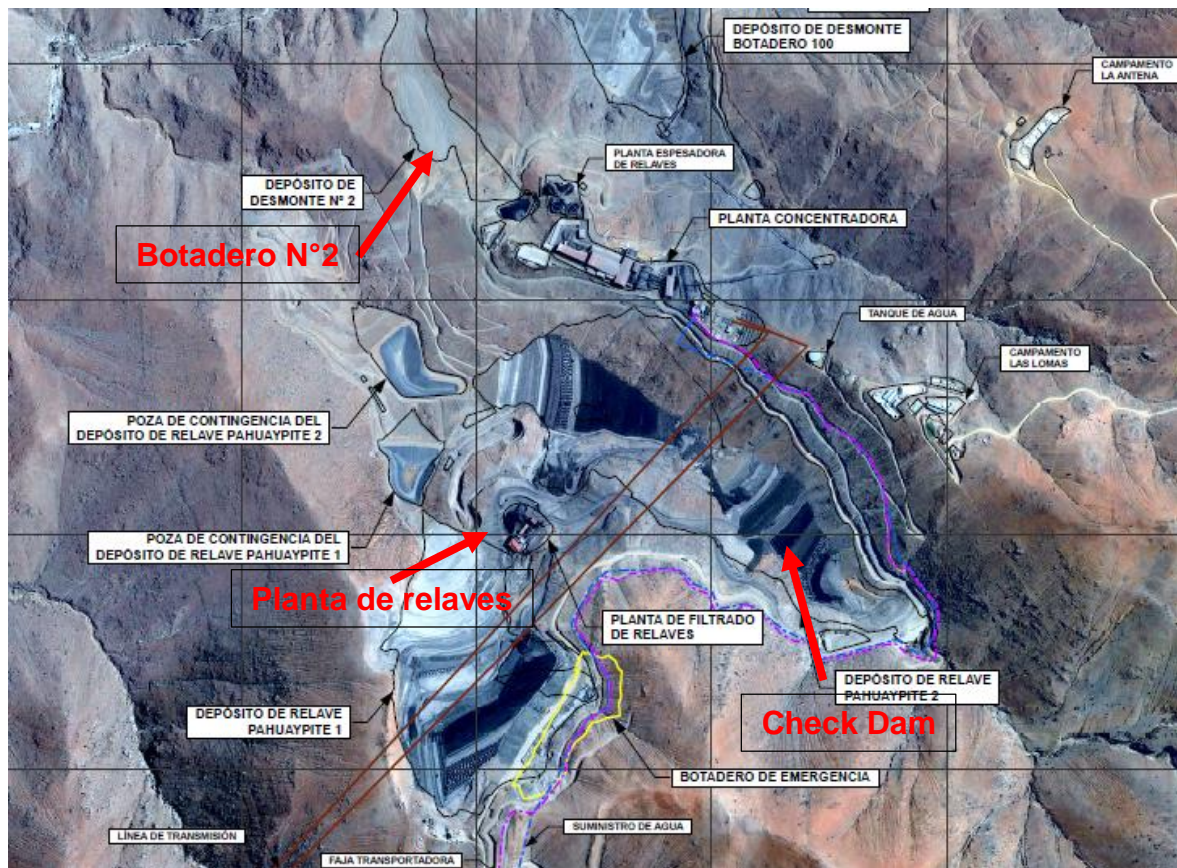


Figura 7. Vista aérea del área de estudio, se aprecia área seca. (Fuente: Google Earth).

**Topografía:** El estudio comprendió el diseño del terraplén como referencia para el análisis y evaluación de la investigación, requiriéndose de un levantamiento topográfico con curvas de nivel para estimar los volúmenes de tierra y geometría de la plataforma a explanar. Este levantamiento está referidas a las coordenadas UTM, cuyos puntos de control fueron proporcionados por la unidad minera. Con respecto a los equipo se contó con una estación total Leica, prisma circular, mini prisma, radios y otros accesorios.

Posteriormente se realizó los procesos de gabinete en el programa Excel y Autocad Civil 3D respectivamente.



Figura 8. Levantamiento topográfico para cálculo de volumen y análisis de estabilidad.

**ESTABILIDAD DE PLATAFORMA:** Para la presente investigación para la estabilidad de talud se usó la metodología simplificada de Bishop, donde asume que los esfuerzos verticales en las dovelas son cero. También resuelve que las fuerzas en la dirección vertical eliminando los esfuerzos laterales.

La metodología mencionada está desarrollado cuando se da roturas circulares, interacción entre las rebanadas son nulas, considera el equilibrio de momentos respecto al centro de arco circular y versión posterior puede aplicar a superficies no curvas definiendo centros ficticios.

Con relación a los factores de seguridad las literaturas señalan que viene a ser una relación que existe entre las fuerzas que resisten versus las fuerzas que inducen el deslizamiento, debido al peso de la masa del material. Se considera un F.S. (factor de seguridad) = 1.5 mínimo. Para su análisis se usó el programa de computo Slide. En la siguiente figura 8 se aprecia una notable aproximación de que se obtuvo utilizando Bishop, Janbu y Spencer. Criterios y teorías tomadas de la exposición de Mg. ing. Civil y doctor en Geotecnia Abel Ordoñez Huamán.

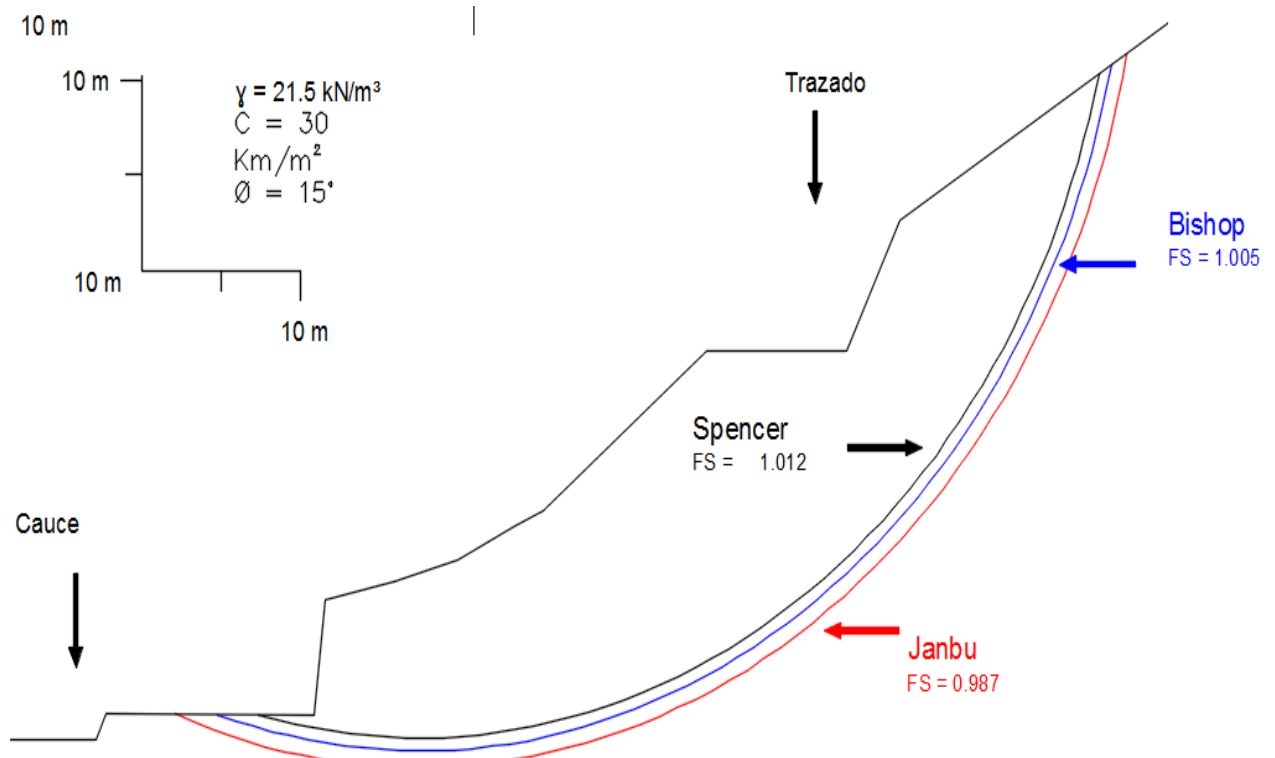


Figura 9. Aproximación de F.S. de estabilidad por diferentes métodos.

Seguidamente se presenta la ecuación de cálculo del Factor de Seguridad ( $F_s$ )

Cálculos:

$$F_s = \frac{\sum(\text{fuerzas que se oponen al deslizamiento})}{\sum(\text{fuerzas que inducen al deslizamiento})}$$

Por lo que, si:

$F_s > 1$  : Talud estable

$F_s = 1$  : Equilibrio limite

$F_s < 1$  : Talud inestable

### 3.1. Tipo de investigación y diseño de investigación.

El tipo de investigación de aplicada, con enfoque cuantitativo y tiene un alcance descriptivo. En la presente investigación según los problemas propuestos y objetivos planteados corresponde especificar las propiedades, características, análisis costo unitario compactado del relave filtrado y relleno estructural. Corresponde a un diseño experimental; sin embargo, en la presente investigación se sometieron a distintos ensayos de laboratorio y campo tanto al relave como al relleno estructural, con el fin de obtener sus características físicas y mecánicas.

### 3.2. Variable y operacionalización

Variable independiente: Relave filtrado

Variable dependiente: Relleno estructural.

### 3.2. Variable y operacionalización

Variable independiente: Relave filtrado

Tabla 3 . Operacionalizacion de variables.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de ingeniería	Instrumento metodológico	Metodología
Variable independiente: Relave filtrado	1. Evaluación del relaves filtrados	1.1 Factor de seguridad (y/o estabilidad)	Slide	Análisis de estabilidad de la plataforma	
		1.2 Propiedades resistentes	Máquina de Corte directo	ASTM D-3080 (Ensayo de corte directo)	
	2. Propiedades mecánicas y físicas	2.1 Análisis granulométrico	Serie de Tamices	ASTM D-422 (Análisis granulométrico por tamizado)	
		2.1 Contenido de humedad	Horno	ASTM D-2216 (Método de ensayo para determinar el contenido de humedad)	
		2.3 Limites de Atterberg	Equipo casa grande con ranurador	ASTM D-423 (Limites líquido) ASTM D-424 (Limite plástico)	
		2.4 Ensayos de compactación	Molde 6" de diámetro y pisón de 10 lbf	ASTM D-1557 (Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada)	
	3. Costo	3.1 Análisis de precios	Excel	Análisis de Costos Unitarios	
	4. Explanación	4.1 Topografía de superficie	Auto Cad Civil 3D y Excel	Levantamiento Topográfico y control	
		4.2 Ensayo de densidad de campo	Set cono de arena	ASTM D1556 (Cono de arena)	
Variable dependiente: Relleno estructural	1. Evaluación del relleno estructural	1.1 Factor de seguridad (y/o estabilidad)	Slide	Análisis de estabilidad de la plataforma	
		1.2 Propiedades resistentes	Máquina de Corte directo	ASTM D-3080 (Ensayo de corte directo)	
	2. Propiedades mecánicas y físicas	2.1 Análisis granulométrico	Serie de Tamices	ASTM D-422 (Análisis granulométrico por tamizado)	
		2.1 Contenido de humedad	Horno	ASTM D-2216 (Método de ensayo para determinar el contenido de humedad)	
		2.3 Limites de Atterberg	Equipo casa grande con ranurador	ASTM D-423 (Limites líquido) ASTM D-424 (Limite plástico)	
		2.4 Ensayos de compactación	Molde 6" de diámetro, pisón 10 lbf	ASTM D-1557 (Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada)	
	3. Costo	3.1 Análisis de precios	Excel	Análisis de Costo Unitario	
	4. Explanación	4.1 Topografía de superficie	AutoCad Civil 3D y Excel	Levantamiento Topográfico y control	
		4.2 Ensayo de densidad de campo	Set cono de arena	ASTM D1556 (Cono de arena)	

Tipo y diseño de investigación: tipo: investigación aplicada Enfoque: cuantitativo Alcance: descriptivo Diseño: experimental

### 3.3. Población (muestra, muestreo, unidad de análisis)

La investigación tiene como población el acopio de relaves filtrados “Check Dam” y la cantera denominado “Botadero monumental” de la unidad Cerro Lindo.

Con relación al muestreo se tiene muestras representativas de ambas poblaciones obtenidas de distintas ubicaciones de manera aleatoria.

En cuanto a la unidad de análisis es el relave filtrado.

### 3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Con relación a la técnica de recolección de datos se utilizaron formatos elaborados con el programa Excel, de acuerdo a procedimientos normalizados por la ASTM (American Society for Testing and Materials), tanto para campo, laboratorio y gabinete. Usando la técnica ensayos de laboratorio y de observación experimental se ha estudiado, analizado las características geotécnicas de la unidad de análisis en campo y laboratorio tomando nota de los resultados obtenidos.

Se usaron como instrumentos en la recolección de datos las distintas guías ASTM (American Society for Testing and Materials), normas nacionales y procedimientos, elaborándose con estas formatos de registro. La validez y confiabilidad se justifica con instrumentos elaborados (formato), fotografías y certificados de calibración emitidos de dichos equipos de laboratorio en obra proporcionado por empresa de la unidad minera donde se llevó la investigación de siguiente ensayos estandarizados:

ASTM D-422 (Análisis granulométrico por tamizado), con la finalidad de evaluar y escoger el método de proctor a utilizar durante el ensayo de laboratorio, de acuerdo a porcentajes retenidos del material en las distintas mallas y la clasificación SUCS.

ASTM D-2216 (Método para determinar el contenido de humedad), a fin de evaluar el porcentaje de contenido de humedad de las muestras representativas.

ASTM D-423 y D-424 (Límites de consistencia), con el propósito de verificar la subdivisión de suelos a la que corresponde la muestra de suelo.

ASTM D-1557 (compactación de suelos en utilizando energía modificada), con la finalidad de obtener densidades secas y su relación de humedad, que determinaron la “curva de compactación” de ambos materiales estudiados.

### 3.5. Procedimientos

A continuación se esquematiza el procedimiento realizado en la investigación.





Figura 10. Esquema de proceso de desarrollo del proyecto de la investigacion.

### 3.6. Método de análisis de datos

El método utilizado en el análisis de datos es de tipo inferencial **descriptivo**, de manera que se explica mediante tablas (niño2018).

### Comparativas de los resultados obtenidos

Se usaron softwares como el Auto Cad Civil 3D, para su procesamiento del levantamiento topográfico del área a estudio, programa como el Slide para analizar la estabilidad del terraplén, Microsoft Excel para elaborar hojas de cálculo y análisis de los precios unitarios (ACU).

Como enfoque descriptivo, este proceso de registro de información fue llenando protocolos válidos, datos que serán ingresados al software Excel y así obtener los resultados de forma más rápida.

Al iniciar el procedimiento de explorar el área se tomó unas unidades de muestra para después realizar los diversos ensayos requeridos, por la razón de poder determinar su composición, toda la información y obtener las propiedades necesarias y requeridas del suelo en análisis.

### 3.7. Aspecto ético.

Para lograr los objetivos planteados, es de total convencimiento que los datos que se tiene tanto los procesos de trabajo de investigación, resultados, análisis se procesaron respetando las normativas mencionadas. Teniendo consideración de respeto a los resultados finales obtenidos.

Autenticidad de la publicación de la investigación, respetando la opinión y conclusión de autoría.

Fehacientemente la presente investigación es de manifiesto que la información que contiene está referenciadas.

## IV RESULTADOS



## ANALISIS TECNICO

Una forma de estudiar este análisis, a su vez concluida los ensayos y cálculos de los materiales estudiados ha sido conocer y aplicar líneas de tendencia que ha permitido examinar resultados. Para el desarrollo del trabajo de investigación y naturaleza de los trabajos se instaló y estableció un laboratorio estándar de suelos de campo en la unidad Cerro Lindo, el cual se encontraba implementado con equipos e instrumentos con su respectivo certificado de calibración que se adjunta en el anexo. Como parte del análisis técnico se realizó muestreos, como se aprecia en la figura 10. Así mismo los ensayos y cálculos respectivos.



Figura 11. Muestreo representativo en cantera "Botadero N°2"

### RELAVE FILTRADO:

### PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS:

Para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de relaves filtrados se realizaron trabajos en campo para muestreos representativos en campo (plataforma de acopio "Check Dam" y en la planta de filtrados con su humedad natural), para posteriormente trasladarlos al laboratorio de campo de la unidad para su análisis y ensayo respectivo. En figura 11 se aprecia uno de los ensayos mencionado.



*Figura 12. Determinación de los límites de consistencia de relave filtrado.*

Realizando las pruebas y ensayos estándar respectivo de contenido de humedad (ASTM D-2216), análisis granulométrico por el método de tamizado (ASTM D-422), limite líquido (ASTM D-4318), limite plástico (ASTM D-4318), gravedad específica de los sólidos (ASTM D-854). Así como también los ensayos para compactación como proctor modificado (ASTM D-1557) y densidad de campo para control de compactación mediante el cono de 6" y la arena que cumple características de gradación, resistencia física de a la norma (ASTM D-1556). En la figura 12 se está realizando la determinación de humedad con reactivo carburo de calcio de resultado inmediato.



*Figura 13. Determinación del contenido de humedad inmediata con Speedy y reactivo.*

Seguidamente en la tabla 5 se muestran un resumen de los resultados de los ensayos ejecutados en laboratorio como en campo, donde se realizaron un total de once (11) ensayos de caracterización, tanto por AASHTO como SUCS y seis para las propiedades mecánicas:

Tabla 4. Propiedades geotécnicas del relave filtrado.

RESUMEN DE PROPIEDADES DE MATERIALES										
Nº de Registro	%W	LL	IP	CLASIFICACION			GRAVEDAD ESPECIFICA		ENSAYO PROCTOR	
				SUCS	AASHTO	IG	P.E.	ABSOR.	D <sub>max</sub>	h <sub>opt</sub>
n	11	11	4	0	11	11	0	0	6	6
S	161.04	204.33	7.68	0	0	27	0	0	18.13	36.97
ESPECIFICACION	-	-	-	SP - SM	A-4	1	-	-	-	-
Xp	14.64	18.58	1.92			2.45			3.02	6.16
MIN	11.00	10.04	0.94	0	0	0	0	0	2.82	5.20
MAX	16.70	33.68	4.28	0	0	4	0	0	3.17	7.22
DESV. ESTANDAR	1.81	9.84	1.58			1.13			0.11	0.79
VARIANZA	3.26	96.92	2.50			1.27			0.01	0.62
COEF. DE VARIACION	12.33	53.00	82.40			45.96			3.75	12.81

Con respecto a los análisis granulométricos se tiene un resumen de los ensayos realizados, con su respectiva variabilidad de humedades en la figura 13, el cual se adjunta en el anexo cada uno de los análisis.

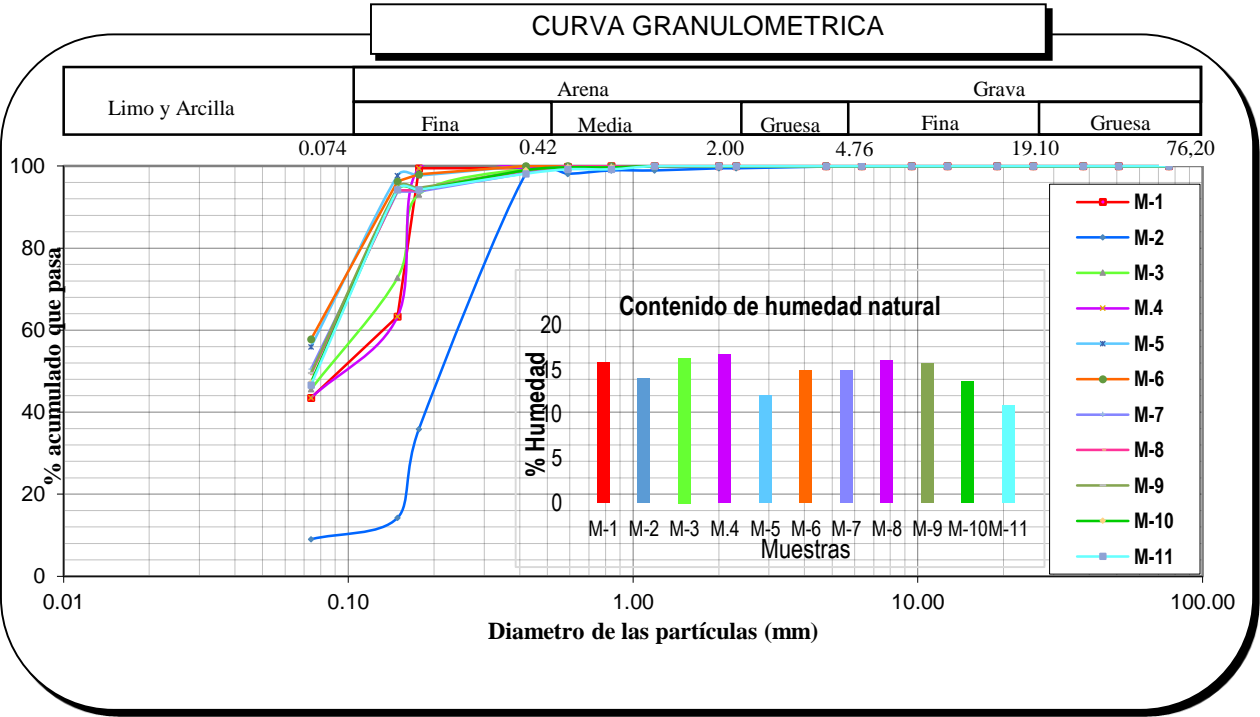



Figura 14. Resumen de curvas de gradación y contenido de humedad natural de relave

Gravedad Especifica de la fase solida del suelo (ASTM D854), es la relación del peso específico de la materia que constituye las partículas de determinados suelos en estudio con respecto al peso específico del agua a 4 °C de temperatura. Generalmente estos valores varían desde 2.60 a 2.80 gr/cc. Para nuestro caso tomo como referencia de este ensayo, el reporte de Golder, emitido a la ingeniería de la unidad Cerro Lindo, tal como se aprecia en el grafico 14, obteniendo un valor de 4.03 gr/cc.

LAB-P08-ETS-R03 - GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS ASTM 854-14



**GOLDER**

<b>Métodos de prueba estándar para la gravedad específica de sólidos del suelo mediante picnómetro de agua ASTM D854-14</b>		<b>Golder Associates Perú S.A.</b> Laboratorio Lima Av. Pedro Huilca S.N. Mz.4 Lote 9 Villa El Salvador, Lima Teléfono: +51 (0)16101700 <a href="mailto:Laboratiodlima@golder.com">Laboratiodlima@golder.com</a> <a href="http://www.golder.com">www.golder.com</a>	
N° Proyecto : 1994159909	N° Solicitud: LGGA-SE19-031	ID. Muestra: HE1459	
Proyecto : Ensayos en muestras de relave	Sondaje : Relave		
Cliente : Nexa Resources Perú S.A.A.	Muestra : -		
Solicitante : Ing. Ezio Vizcaro	Profundidad : -		
Ubicación : Lima	Cota : -		

**REPORTE DE ENSAYO**

Método :	B	Estado :	Disturbado
Acumulado que pasa el tamiz N°4 :	-	Material excluido :	-

**Datos del Ensayo**

Fecha recepción de muestra:	18/09/2019	Fecha ejecución ensayo:	25/09/2019	Fecha de reporte:	11/10/2019
-----------------------------	------------	-------------------------	------------	-------------------	------------

Número de fiola		Fiola 16	Fiola E	Promedio
Peso de tara	(g)	107.06	109.77	
Peso tara + muestra seca	(g)	157.27	159.96	
Peso de la muestra seca	(g)	50.21	50.19	
Peso del picnómetro lleno de agua	(g)	356.56	359.63	
Peso del picnómetro+muestra+agua hasta el enrase	(g)	394.29	397.36	
Coeficiente de temperatura (K)		1.00054	1.00054	
Gravedad específica a 20°C	Gs	4.026	4.032	4.03
Temperatura del agua	C°	17.2	17.2	

Figura 15 . Gravedad específica del relave filtrado, de la unidad cerro lindo. Fuente: Tesis (Rodriguez Giron & Vizcaro Cordero)

Como se puede apreciar en la imagen 15 y 16 siguiente del histograma y curva de compactación, el valor promedio del ensayo de proctor modificado para los relaves filtrados, presenta un valor de 3.02 gr/cc con su humedad óptima promedio de del



total 6.16 expresado en porcentajes. Este valor es un promedio de los ensayos realizado.

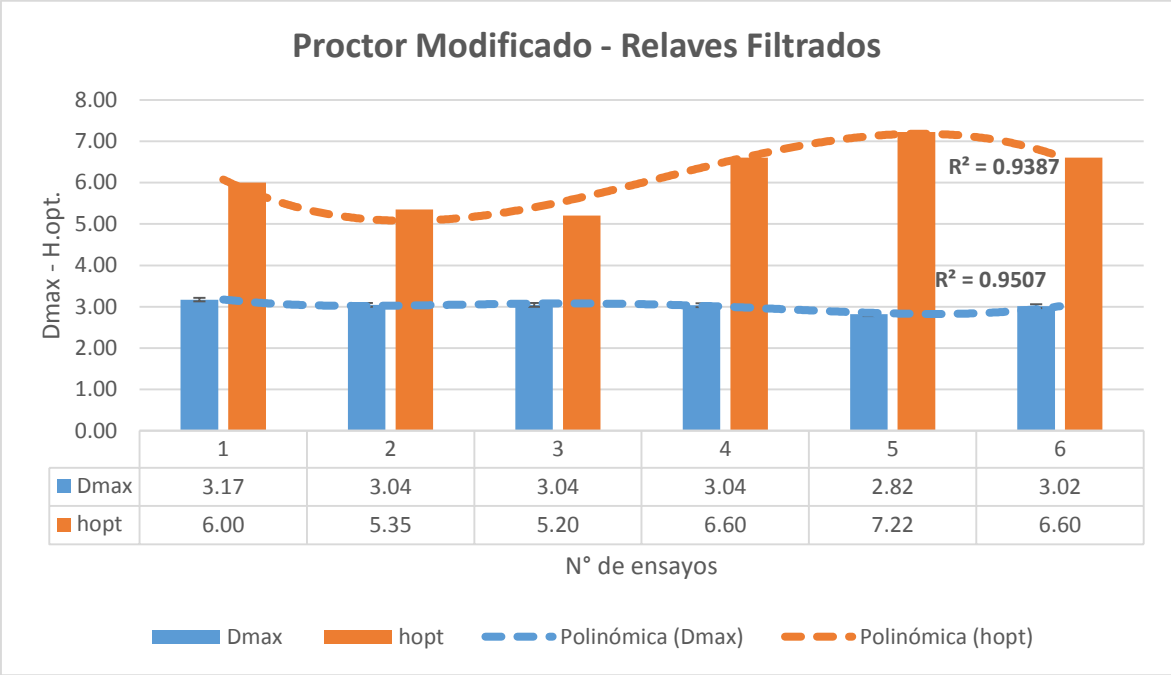


Figura 16. Tendencia de ensayo de proctor modificado de relaves filtrados.

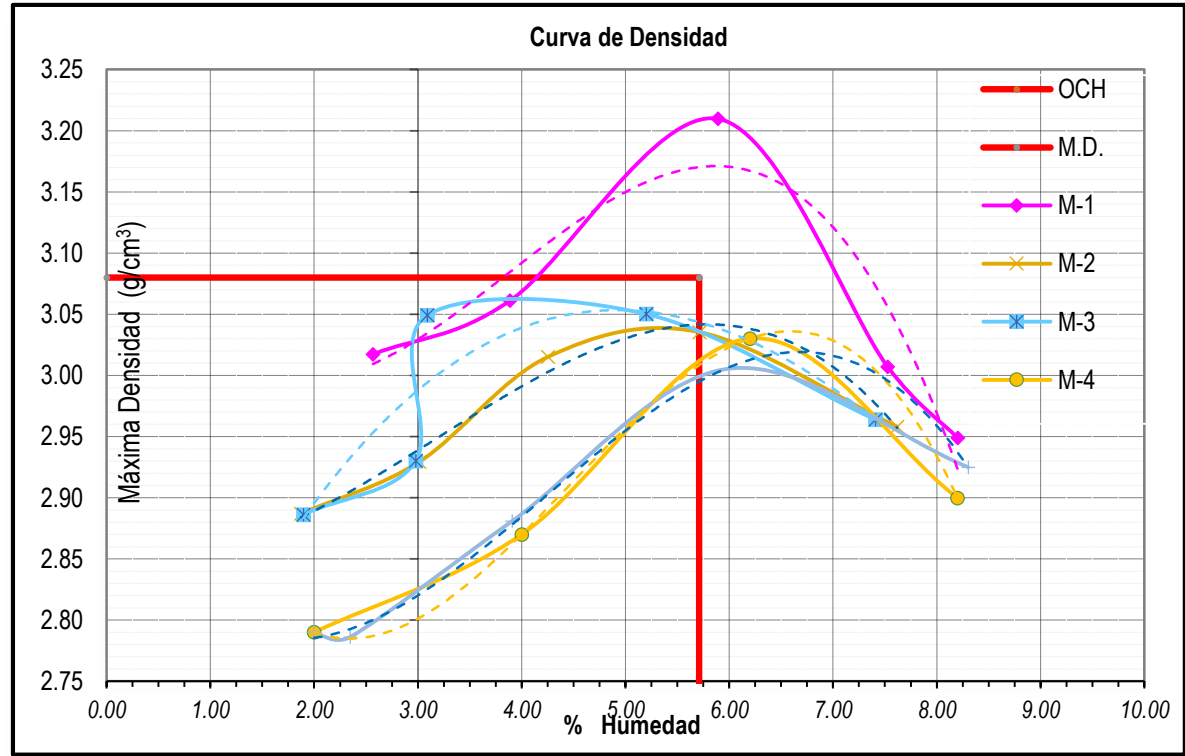


Figura 17. Resumen de ensayo de proctor modificado.

Con relación a las propiedades y características físicas de relaves filtrados el análisis nos indica que es un material SP-SM (arena limosa mal gradada) con la

clasificación SUCS y con el sistema de clasificación AASHTO nos arrojó A-4 (1). En la imagen siguiente se puede apreciar el contenido de humedad media de 14.64% en condiciones de depositacion y ambiente, así mismo los límites de Atterberg de acuerdo al análisis y ensayos es un material NP obteniéndose los limite liquido con variabilidad sin presentar plasticidad. Estas incidencias se muestran en el grafico 17 del histograma siguiente.

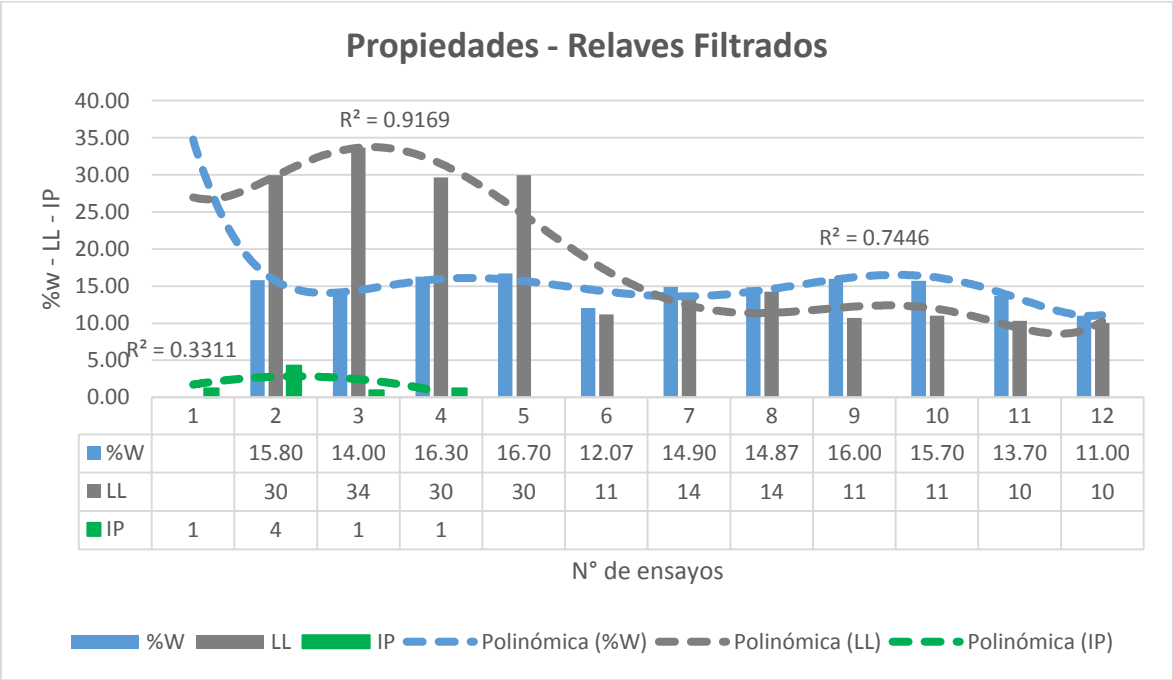


Figura 18. Resumen de las propiedades físicas del relaves filtrados

Con relación a los ensayos de densidades In Situ empleando el método del cono de arena de la ASTM D-4556 se realizaron se realizaron un total de 270 pruebas de acuerdo a los ensayos por la unidad minera, de los cuales se extrajeron 50 de estos ensayos para el caso de estudio, esto tomándolo de manera aleatoria. Teniendo como resultado una media en cuanto a densidad de 2.97 gr/cc de los cincuenta ensayos y un valor de laboratorio MDS de 3.05 gr/cc. En la gráfica 18 siguiente se aprecia los valores obtenidos en campo, laboratorio y el grado de compactación especificado.

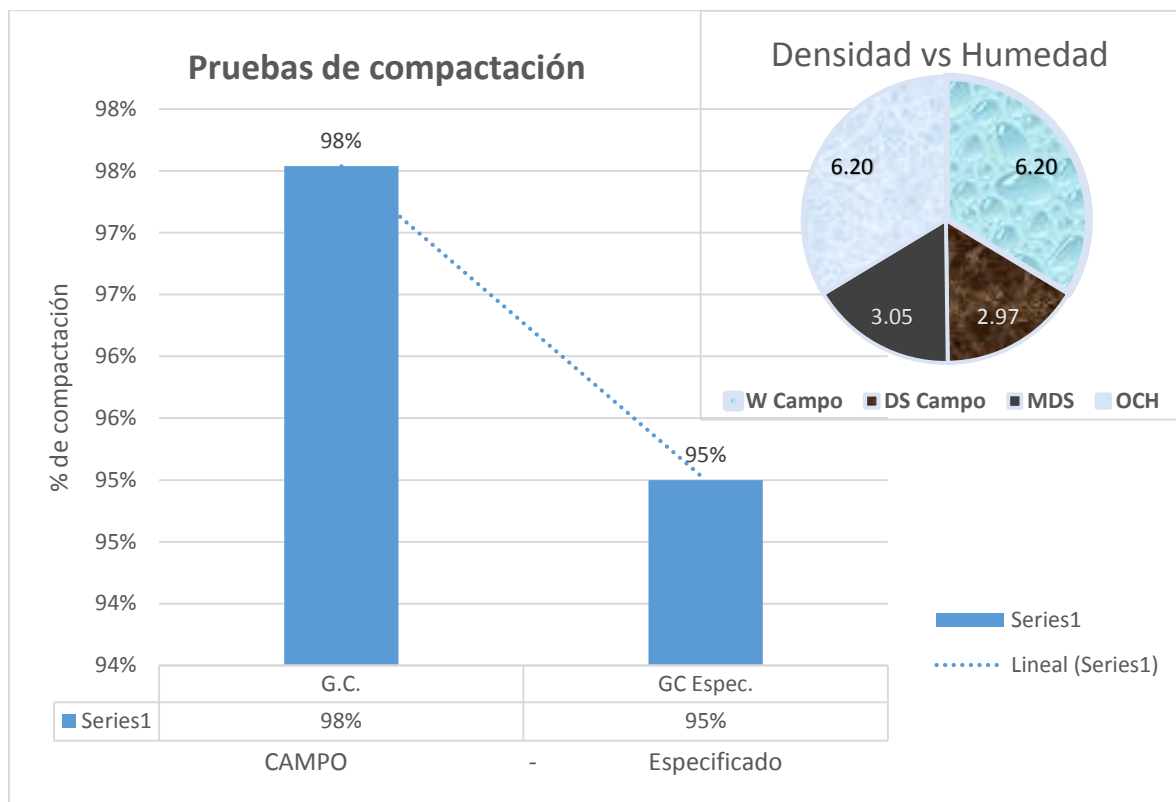


Figura 19. Representación de los ensayos de densidad de campo y MDS

De las capas rellenas a cada 30 cm de espesor se tomaron pequeñas cantidades de muestras representativas para obtener el contenido de humedad, de los ensayos por el metodo cono de arena de la ASTM D-1556. Obteniendo 77 muestras de un total 216 capas masivas rellenas y controladas. En la tabla 6 se muestra el resumen mencionado de humedades del relave filtrado colocado para su compactacion.

Tabla 5 Resumen de setenta y siete muestras de humedad.

Resumen de ensayo de humedad de capas			
N de muestras	Max Humedad	Min Humedad	Promedio
77	6.29	4.14	5.39

## RELLENO ESTRUCTURAL:

Así mismo para analizar las propiedades físicas y mecánicas del relleno estructural se realizaron trabajos en campo para muestreos representativos en campo (cantera denominado “Botadero N°2”, un botadero antiguo de excavación masiva), para posteriormente trasladarlos al laboratorio de campo de la unidad para su análisis y ensayo respectivo. En la figura 19 se los trabajos de preparación.



Figura 20. Vista de trabajos de preparación de material relleno estructural.

Realizando las pruebas y ensayos respectivos de contenido de humedad (ASTM D-2216), análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422), límite líquido (ASTM D-4318), límite plástico (ASTM D-4318), gravedad específica de los sólidos (ASTM D-854). Así como también los ensayos de compactación como proctor modificado (ASTM D-1557) y densidad decampo o In Situ para control de compactación mediante el cono de 6" y la arena que cumple características de gradación, resistencia física de a la norma (ASTM D-422). En la figura 20 se aprecia la gradación del material de la cantera "Botadero N°2" luego de realizar el respectivo análisis granulométrico por tamizado en laboratorio con la serie de tamices (ASTM – D-1556)



Figura 21. Ensayo de análisis granulométrico de material de cantera para relleno estructural.

Se aprecia a continuación un resumen de siete ensayos ejecutados de las propiedades físicas de del relleno estructural (ver tabla 7), donde también se calcula sus datos estadísticos de promedio, media desviación estándar, varianza, etc. Y en



la figura 21 se está realizando el ensayo de los límites de consistencia del material de cantera “Botadero N°2” respectivamente.

*Tabla 6. Resumen de las propiedades geotécnicas del relleno estructural*

<b>RESUMEN DE PROPIEDADES DE MATERIALES</b>										
Estadística	%W	LL	IP	CLASIFICACION			GRAVEDAD ESPECIFICA		ENSAYO PROCTOR	
				SUCS	AASHOTO	IG	P.E.	ABSOR.	D <sub>max</sub>	Hopt %
<b>N</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>S</b>	11.28	152	-	-	0	0	18.21	8.06	15.21	48.36
<b>ESPECIFICACION</b>	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-
<b>Xp</b>	1.61	21.71	0	0	0	0	2.60	1.15	2.17	6.91
<b>MIN</b>	1.3	19	0	0	0	0	2.47	1.03	2.13	5.5
<b>MAX</b>	1.9	23	0	0	0	0	2.63	1.35	2.25	7.7
<b>DESV. ESTANDAR</b>	0.23	1.89	0.69	0	0	0	0.06	0.13	0.04	0.99
<b>VARIANZA</b>	0.05	3.57	0.48	0	0	0	0.00	0.02	0.00	0.98
<b>COEF. DE VARIACION</b>	14.19	8.70	0	0	0	0	2.21	11.04	2.01	14.33



*Figura 22. Determinación del límite plástico del relleno estructural.*

Seguidamente en la figura 22 se muestran el grafico de distribución granulométrica de los resultados de los ensayos de laboratorio, donde se realizaron un total de siete (07) ensayos de caracterización, para su clasificación tanto por AASHTO como SUCS.

De estos análisis granulométricos se tiene un resumen como se indica en la figura 22, con sus respectivas variabilidades de humedades, el cual se adjunta en el anexo cada uno de los análisis.

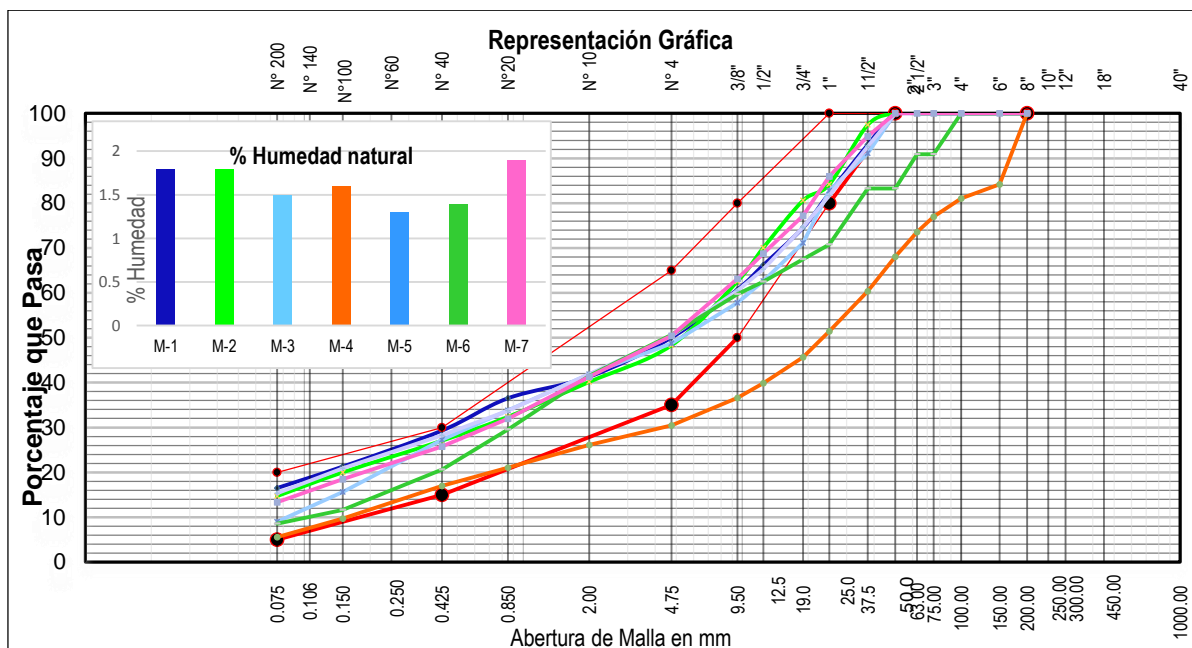


Figura 23. Resumen de curva granulométrica siete ensayos.

Como se puede apreciar en la imagen 23 y 24 siguiente del histograma y curva de compactación, se presenta la variación de valores del ensayo de la humedad óptimo como de la máxima densidad seca del proctor modificado para el relleno estructural expresado en porcentajes. Estos valores que se presenta en la gráfica es el producto de siete ensayos de laboratorio. También en la tabla 8 presenta el resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los ensayos del relleno estructural.

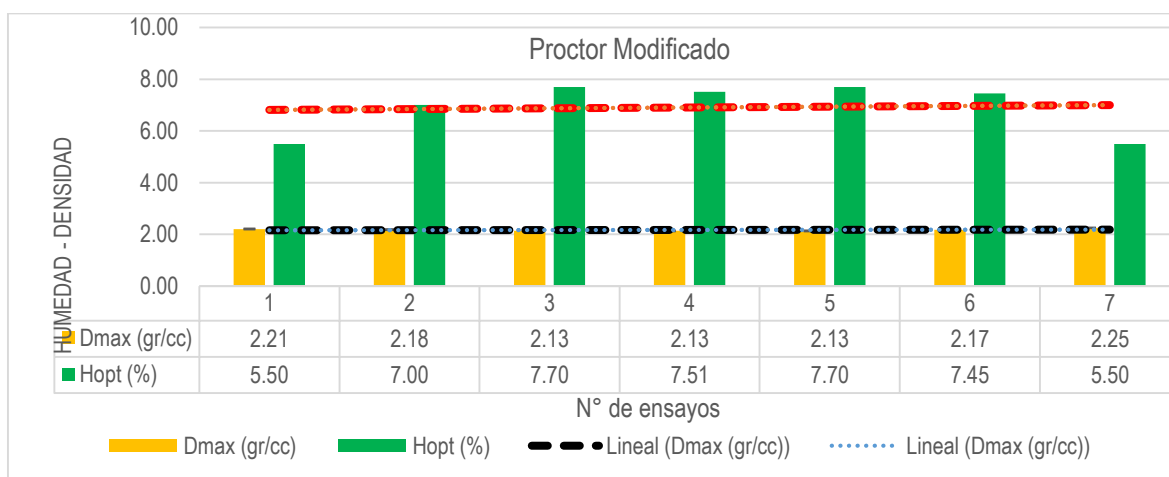


Figura 24. Histograma e incidencia del ensayo de proctor modificado.

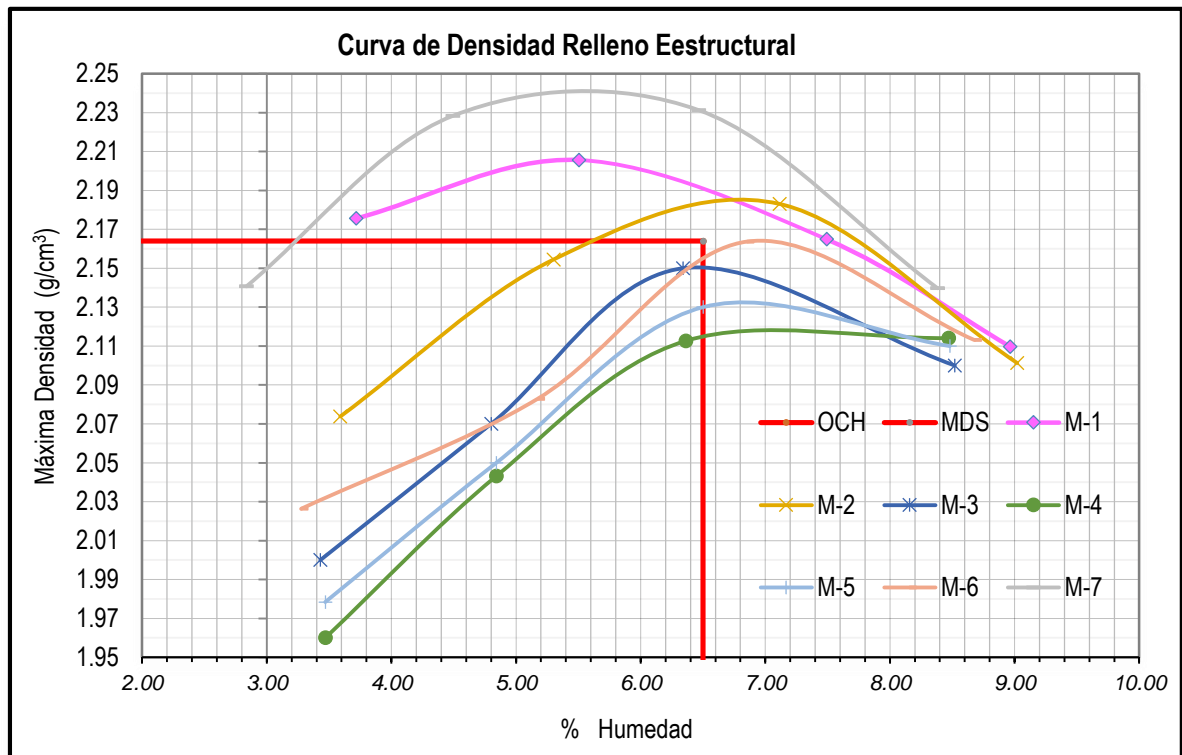


Figura 25. Resumen de curvas de MDS del proctor modificado del relleno estructural.

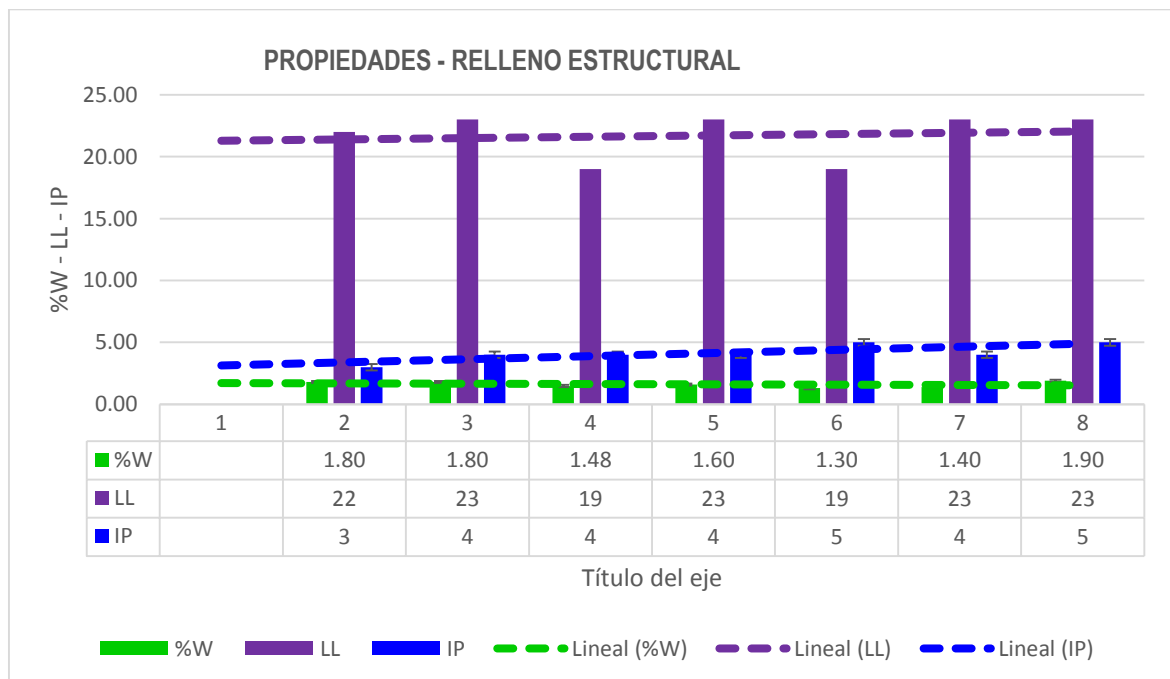


Figura 26. Histograma de los ensayos de consistencia y humedad del relleno estructural.

Tabla 7. Resumen general de las propiedades físicas y mecánicas relleno estructural

Nº de Reg.	Análisis Granulométrico - % que pasa Tamiz													% w	LL	IP	CLASIFICACION			GRAVEDAD ESPECIFICA		ENSAYO PROCTOR		
	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 20	Nº 40	Nº 100	Nº 200				SUCS	AASHTO	IG	P.E.	ABSOR.	D <sub>max</sub>	h <sub>opt</sub>	
001	100.0	100.0	93.1	82.2	74.6	66.2	60.7	50.0	41.3	36.5	29.3	21.3	16.5	1.80	22	3	GC-GM	A-1-a (0)	0	2.63	1.35	2.21	5.50	
002	100.0	100.0	97.5	84.2	80.6	70.1	62.5	48.3	40.1	32.4	27.1	20.0	14.7	1.80	23	4	GC-GM	A-1-a (0)	0	2.63	1.29	2.18	7.00	
003	100.0	100.0	91.1	82.8	71.1	62.6	57.8	48.7	41.9	33.8	27.3	15.6	8.9	1.48	19	4	GP GC	A-1-a (0)	0	2.61	1.04	2.13	7.70	
004	77.0	68.1	60.4	51.4	45.7	39.9	36.4	30.4	26.1	21.1	16.9	9.7	5.5	1.60	23	4	GP GC	A-1-a (0)	0	2.63	1.05	2.13	7.51	
005	100.0	100.0	92.6	81.7	74.7	65.3	60.5	50.4	41.9	33.8	28.2	20.9	15.3	1.30	19	5	GC-GM	A-1-a (0)	0	2.62	1.03	2.13	7.70	
006	90.9	83.3	83.3	70.8	67.5	62.5	59.7	50.7	41.5	29.5	20.6	11.7	8.6	1.40	23	4	GP GC	A-1-a (0)	0	2.47	1.11	2.17	7.45	
007	100.0	100.0	94.9	86.0	77.2	68.8	63.1	50.4	41.3	31.9	25.8	18.5	13.3	1.90	23	5	GC-GM	A-1-a (0)	0	2.62	1.19	2.25	5.50	
N	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
S	667.9	651.3	612.8	539.1	491.3	435.3	401.0	328.9	274.2	219.0	175.2	117.7	82.9	11	152	-	-	0	0	18	8	15	48	
Espec.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Xp	95.4	93.1	87.6	77.0	70.2	62.2	57.3	46.9	39.2	31.3	25.0	16.8	11.9	2	22				0	3	1	2.173	6.9	
MIN	77.0	68.1	60.4	51.4	45.7	39.9	36.6	30.4	26.1	21.1	16.9	9.7	5.5	1	19				0	2	1	2	5.5	
MAX	100.0	100.0	97.5	86.0	80.6	70.2	63.1	50.7	41.9	36.5	29.3	21.3	16.5	2	23				0	3	1	2	7.7	
Desv. Estand	8.8	12.7	12.8	12.3	11.6	10.2	9.3	7.4	5.8	4.9	4.5	4.6	4.2	0.23	1.89	0.69				0	0.06	0.13	0.04	0.99
VAR	77.4	160.3	163.0	151.4	134.4	104.7	86.4	54.2	33.6	24.9	20.5	21.4	17.2	0.05	3.57	0.48				0	0.00	0.02	0.00	0.98
Coef. De Var	9.2	13.6	14.6	15.9	16.5	16.5	16.2	15.7	14.8	15.9	18.1	27.5	34.9	14.19	8.70				0	2.21	11.04	2.01	14.33	

## ANALISIS DE ESTABILIDAD Y PARAMETROS GEOTECNICOS:

Con fines de evaluar la estabilidad del terraplén (plataformado) se ha modelado la sección crítica en el Software Slide 5.0 de Rockscience, método Bishop simplificado. Factor de seguridad en estado estático 1.50, en estado Pseudoestático 1.0, aceleración sísmica de  $a_g = 0.22$

Los parámetros geotécnicos del suelo natural se han adoptado del estudio geotécnico de la ref. 1 (ver tabla 9), para el suelo de apoyo del talud de la plataforma conformado de relaves filtrados. La tabla N°8 que se muestra a continuación presenta los parámetros geotécnicos.

Tabla 8. Parámetros geotécnicos para análisis de estabilidad.

TIPO DE SUELO	SUCS	Peso Unitario kN/m <sup>3</sup>	Cohesión kN/m <sup>2</sup>	Angulo de Fricción (°)	Observación
Suelo granular (natural)	SW-SM Arena bien gradada con limo	17	15	33	Tomado de estudio CSL-182100-C-850-GRL-RT-040
Suelo granular o Roca fracturada (natural)	SW-SM Arena bien gradada con limo muy denso	20	18	34	Tomado de estudio CSL-182100-C-850-GRL-RT-040
Suelo Gravoso (Relleno estructural)	GM (Grava limosa)	22	15	33	Tomado de estudio CSL-182100-C-850-GRL-RT-040
Suelo granular (Relave Filtrado denso)	SM (Arena limosa)	17	15	28	Tomado de estudio CSL-182100-C-850-GRL-RT-040

Fuente: Estudio geotécnico Lara Consulting.

Los análisis de estabilidad que se muestra en las figuras 26 y 27 fueron modelados parámetros de suelo granular (relave filtrado) y suelo gravoso (relleno estructural) que se muestra en la tabla 9, donde el factor de seguridad en estado estaco resulta de 1.90 y en el estado psudo-estático resulta un factor de 1.25

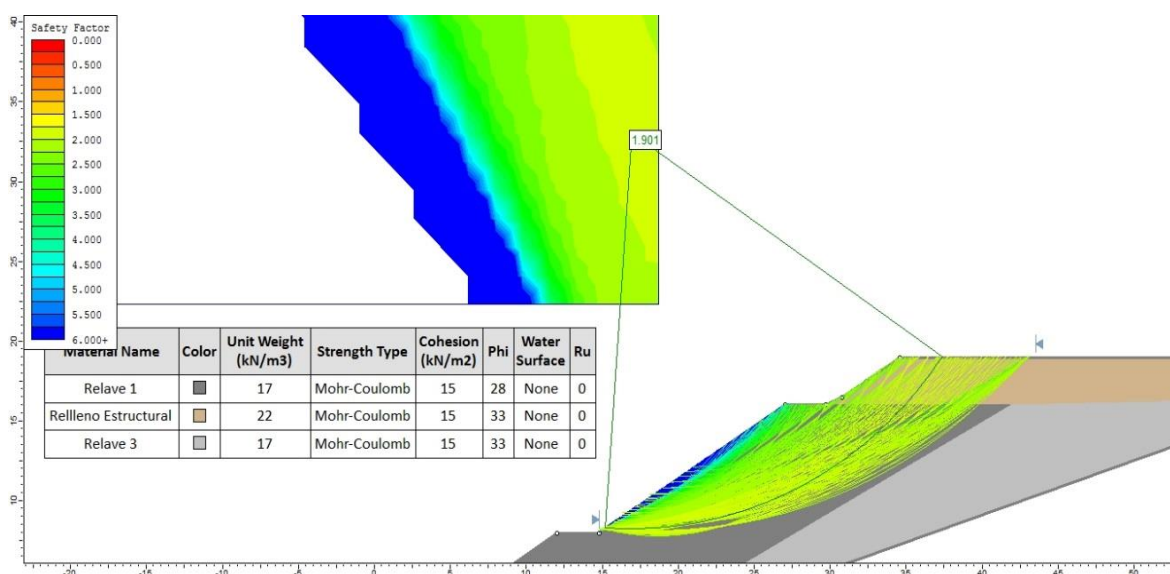


Figura 27. Modelamiento de la sección en estado estático Factor de Seguridad = 1.90

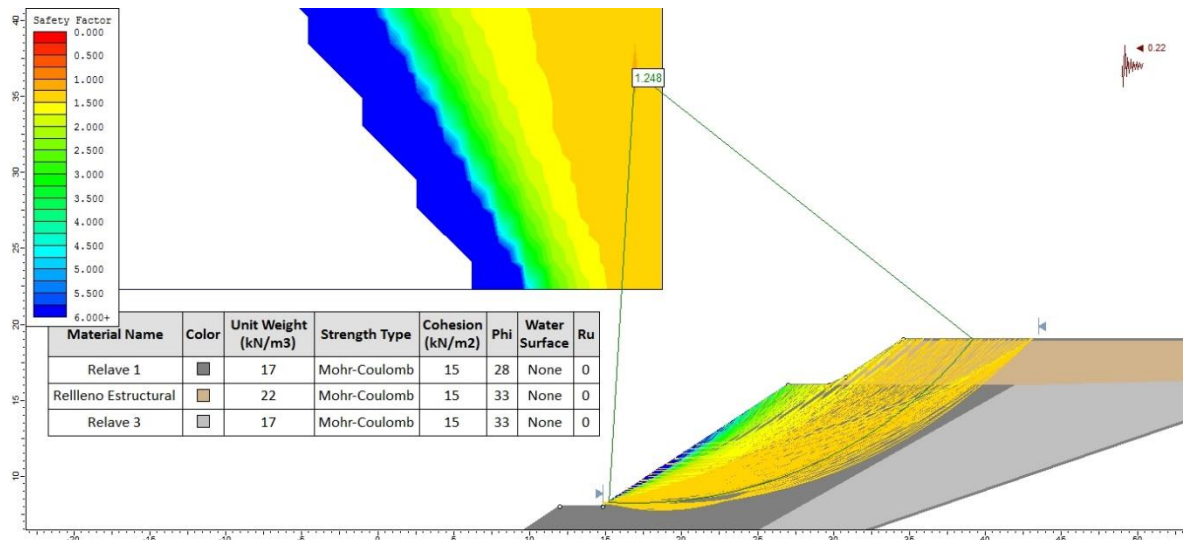


Figura 28. Modelamiento de la sección en estado Pseudo-estático, Factor de Seguridad=1.25

## DETERMINAR LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RELAVE FILTRADO Y RELLENO ESTRUCTURAL

Análisis de las propiedades físicas y mecánicas

### ANALISIS ECONOMICO

La finalidad del material relaves filtrado propuesto en esta investigación va a estar determinado respecto a su costo unitario por m<sup>3</sup> de colocado y compactado con equipos de línea amarilla, para ello se fueron necesarios realizar los análisis de precios unitarios, donde se estableció como elemento de comparación el relleno estructural.

### TIEMPO

Teniendo como referencia se trabajó punto o pie de obra se tendrá el plataformado ubicado en la parte baja de la planta de filtrado de relaves, como punto de ida/vuelta de los equipos y relleno y compactación de dicho material estudiado. Teniendo una distancia de recorrido de 3.7 Km de longitud para el transporte del relleno estructural y de 1.3 de longitud para los relaves filtrados, en la imagen 28 se puede apreciar el recorrido indicado.



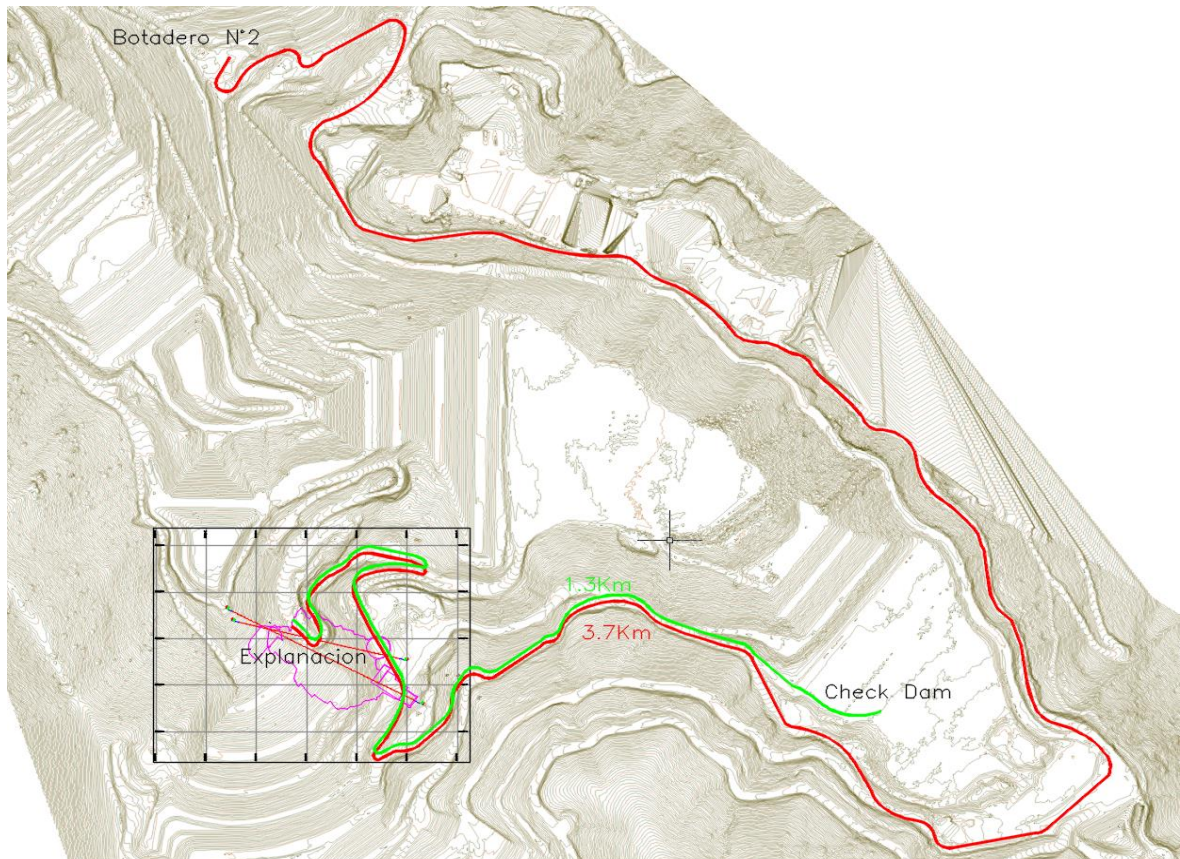


Figura 29. Vista en planta de distancias para transporte de cada material.

La plataforma que se aprecia en la imagen 29 es la cota más baja de la explanación, donde inicia la colocación de las primeras capas de relaves filtrados, teniendo 70 m de altura relleno y compactado cada 30 cm generando banquetas cada 8 m de altura, de las cuales se obtuvieron datos de densidades y humedades re los relaves filtrados.



Figura 30. Ensayo por método cono de arena en pie de explanación cota mas baja.

Tabla 9. Tiempos estimados para transporte de materiales.

BASES DE CALCULO	Und	Check Dam	Cantera N°2
Distancia media	Km	1.3	3.7
Velocidad cargado	km/h	15	15
Velocidad descargado	km/h	25	25
Tiempo de carga	Min	3.00	3.00
Tiempo de descarga	Min	2.00	2.00
Tiempo recorrido cargado	Min	15	36
Tiempo recorrido descargado	Min	24	72
Tiempo recorrido	Min	16	42
Ciclo promedio	Min	28	78
Volumen del volquete	m3	17	17
Volumen del camión cisterna	gln	5000	5000
Rendimiento del cargador	m3/día	1000	500
Número de viajes al día		No fue posible	13
Volumen transportado por día	m3	No fue posible	221
Esponjamiento	%	1.10	1.30

## ANALISIS DE LOS PRECIOS UNITARIOS

En el análisis de precios unitarios, se tomó en consideración el relleno estructural como el relave filtrado, teniendo como referencia el plataformado del nuevo filtro de relaves, con los rellenos masivos controlados compactado con equipos de línea amarilla. Ambos elementos se aprecia el análisis por m<sup>3</sup> de colocado en los siguientes cuadros.

RELLENO ESTRUCTURAL CON MATERIAL DE RELAVE FILTRADO				Costo unitario directo por: m <sup>3</sup>		5.71
Mano de obra	800 m <sup>3</sup> /Día	Equipos	800 m <sup>3</sup> /Día			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
<b>Mano de Obra</b>						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0125	9.54	0.12	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0125	11.06	0.14	
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0125	11.61	0.15	
PEON	hh	2.0000	0.0250	8.93	0.22	
						<b>0.63</b>
<b>Equipos</b>						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.63	0.03	
CAMION CISTERNA 5000GLN	hm	0.3000	0.0038	47.56	0.18	
RODILLO LISO VIBR 20TN	hm	1.0000	0.0125	70.93	0.89	
MOTONIVELADORA CAT 140	hm	1.0000	0.0125	82.83	1.04	
						<b>2.13</b>
<b>Subpartidas</b>						
PREPARACION DE MATERIAL DE RELLENO	m3		1.0000	1.23	1.23	
TRANSPORTE DE MATERIAL D= 1.30 KM	m3		1.0000	1.71	1.71	
						<b>2.94</b>

Figura 31: Análisis de costos unitarios para relleno por m<sup>3</sup> de material de relave.



RELLENO ESTRUCTURAL CON RELLENO ESTRUCTURAL			Costo unitario directo por : m3			11.20
Mano de obra	600 m²/Día	Equipos	600 m²/Día			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000	0.0167	9.54	0.16	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0167	11.06	0.18	
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0167	11.61	0.19	
PEON	hh	2.0000	0.0333	8.93	0.30	
						0.84
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.83	0.04	
CAMION CISTERNA 5000GLN	hm	0.3000	0.0050	47.56	0.24	
RODILLO LISO VIBR 20TN	hm	1.0000	0.0167	70.93	1.18	
MOTONIVELADORA CAT 140	hm	1.0000	0.0167	82.83	1.38	
						2.85
Subpartidas						
AGUA PARA LA OBRA	m3		0.1000	4.75	0.48	
PREPARACION DE MATERIAL DE RELLENO	m3		1.0000	1.23	1.23	
ZARANDEO DE MATERIAL	m3		1.2000	1.20	1.44	
TRANSPORTE DE MATERIAL D= 5.00 KM	m3		1.0000	3.13	4.37	
						7.52

Figura 32: Analisis de costos unitarios para relleno por m<sup>3</sup> de relleno estructural.

TRANSPORTE DE MATERIAL D= 1.30 KM			Costo unitario directo por : m3			1.71
Mano de obra	1350 m²/Día	Equipos	1350 m²/Día			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
Mano de Obra						
PEON	hh	1.0000	0.0074	8.93	0.07	
						0.07
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.07	0.00	
CARGADOR FRONTAL 962	hm	1.0000	0.0074	80.78	0.60	
CAMION VOLQUETE 15M3	hm	3.0000	0.0222	46.94	1.04	
						1.64

Figura 33: Análisis de costo para transporte de materia.

El ACU de los rellenos compactados se realizó de acuerdo a los criterios siguientes:

- El relleno se masivo controlado se realizó por capas de 30 cm de espesor.
- Para el extendido y conformación de los materiales se usó tractor oruga D6.
- Compactación de 4 ciclos con rodillo liso vibratorio de 12 Ton.

De acuerdo a los análisis de costos unitarios se tiene un presupuesto para el terraplenado de considerando un volumen de 87,9942 m<sup>3</sup> de relave y de 991 m<sup>3</sup> de relleno estructural respectivamente. En tabla 15 siguiente se muestra el cálculo mencionado.

FASE	DESCRIPCION DE PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (US\$)	P.PARCIAL	TOTAL
	OBRAS CIVILES					111,285.4
	MOVIMIENTOS DE TIERRA					
	Plataformado					
01.02.02	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	87,942.00	1.23	108,168.66	108,168.7
01.03.02	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	87,942.00	1.71	150,380.82	
01.02.04	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	87,942.00	2.77	243,599.34	
01.02.03	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	991.00	3.15	3,116.70	3,116.7
01.03.03	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	991.00	4.37	4,330.67	
01.02.05	Relleno estructural compactado con material de prestamo para plataformado	m3	991.00	3.68	3,649.23	

Figura 34: Presupuesto para movimiento de tierras, teniendo los metrados correspondientes.

#### CONDICIONES CLIMATICAS:

El **clima** en la cuenca en la unidad minera Cerro Lindo, es templado con humedad relativa media, lo cual corresponde a las altitudes medias de los andes peruanos, con precipitaciones medias anuales bajadas por lo general están en el orden de 150 a 200 mm, las temperaturas medias están en el orden de los 18.5 °C.

Con relación a la **precipitación** promedio anual estimada para el area en estudio es de 189 mm. En la tabla 15 se muestra los valores mensuales de precipitación máximas, promedio y mínimas. También en la figura 30 se puede apreciar el histograma de dicha precipitación.

Tabla 10: Distribución de precipitaciones mensuales mm, (Fuente: Lara Consulting).

Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Max	152	106	166	20	8	7	0	5	9	7	9	32.00	521.0
Promedio	52	46	54	7	4	3	0	1	3	3	4	12.00	189.0
Min	0	9	14	0	0	0	0	0	1	1	2	2.00	29.00

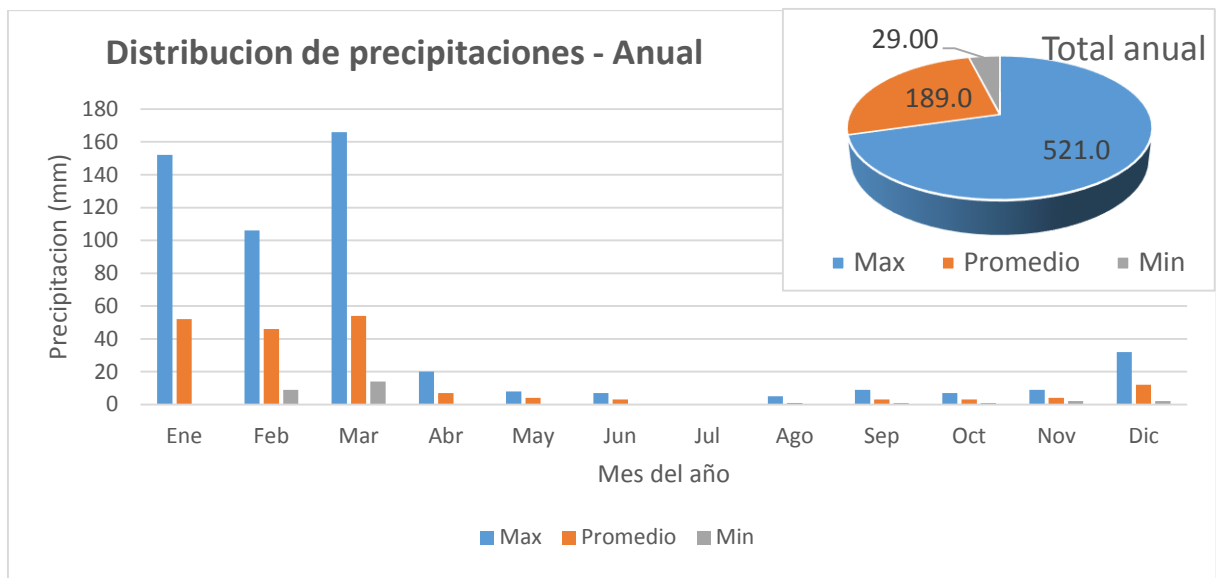


Figura 35 Histograma de precipitacion anual.

Por consiguiente el análisis de precipitaciones diarias máximas en 24 horas fue realizado con data de la estación Huangascar con 37 años de registro. Donde se pudo extraer que las series anuales de precipitación máxima en 24 horas fueron ajustadas, en el la tabla 16 se aprecia los valores para la zona de estudio.

Tabla 11 Maxima precipitacion anual en 24 horas.

Periodo de retorno (años)	P <sub>max</sub> 24 horas (mm)
10.0	36.0
20.0	41.0
50.0	52.0

## V. DISCUSIÓN

Los estudios previos si bien es cierto, señalan la aplicación de los relaves filtrados en rellenos controlados similares a la presente investigación, en donde los resultados obtenidos de las propiedades del relave tanto en laboratorio como en campo se ajustan o son similares para su aplicación ingenieril, las cuales se describen a continuación.

**Propiedades físicas y mecánicas** del relave filtrado y relleno estructural: Para analizar las propiedades de los materiales estudiados, se realizaron muestreos en tres puntos distintos para su evaluación y análisis. Siendo este en principio Chekc Dam para los relaves, botadero N° 2 para el relleno estructural; estos dos, para los ensayos en laboratorio y el tercer punto de muestreo permanente se realizó en la plataforma de explanación de relaves filtrados, este tercer punto con la finalidad de obtener densidad y humedades.

En la tabla 17 podemos apreciar los valores obtenidos de las propiedades físicas del relave filtrado y relleno estructural físicas de los materiales estudiados, la cual los valores difieren un con respecto de la otra. También de acuerdo los dos tipos de sistema de clasificación, el relave si es clasificable.

Evaluando su gradación esta no contiene arcilla y tampoco granular grueso. Sus límites de consistencia, en este caso el límite plástico en ciertos casos es probable obtenerlo debido a la alta presencia de limo. De igual modo el relleno estructural estudiado presenta buena gradación pero un bajo IP. Cabe mencionar que la gravedad específica del relave es considerablemente elevado 4.03 con respecto a los suelos naturales o de préstamos que oscilan desde 2.6 a 2.8 gr/cc.

Personal Directo	Observacion	Relave Filtrado	Relleno Estructural	diferencia
Humedad natural	De acuerdo a ensayos	14.64	1.61	↑ 13.03
Limite liquido	De acuerdo a ensayos	19	22	↓ - 3.14
Limite plastico	De acuerdo a ensayos	17	26	↓ - 9.20
Indice de Plasticidad	Minimo 4	2	4	
SUCS	Clasificacion	SP - SM	GC-GM	
AASHTO	Clasificacion	A-4	A-1-a(0)	
Indice de Grupo	Calculo	1.00	0	→ 1.00
Gravedad especifica	De acuerdo a ensayos	4.03	2.60	↑ 1.43

Figura 36: Comparativo de valores de relaves filtrados y relleno estructural.

Respecto a su propiedad mecánica, la densificación luego de colocar las capas de relave compactado es de 2.95 gr/cc en campo y en laboratorio 3.02 gr/cc, con estos

valores se puede indicar un grado de compactación igual o por encima de 95%, este valor según la Norma MTC E 114 nos indica que es un buen indicador de compactación para poder desarrollar un proyecto.

Los valores de compactación se presentan en la tabla 18 siguiente. Obteniéndose diferencia significativa en cuanto a su densidad y ciclos de compactación.

Personal Directo	Especif	Relave	R. Estructural	diferencia	Obs
M.D.S. (proctor modificado)	Define ensayo	3.02	2.17	0.85	ASTM D698
O.C.H.(Proctor modificado)	Define ensayo	6.16	6.91	- 0.75	-+ 2%
Ciclo de compactacion	Test	3.00	4.00	1.00	Rodillo de 10Ton
Grado de compactacion	Esp tecnica	95	95	-	E.T. => P. Est.

Figura 37: Resumen de propiedad resistente (Proctor modificado).

Adicionalmente se presenta la variabilidad de los ensayos de humedad natural, humedad para la máxima densidad seca en laboratorio, se realizaron pruebas de ensayo In Situ, es decir en la misma área de la explanación, obteniéndose resultados que varían en el rango de +- 2 % de la humedad promedio con respecto al de MDS. La cual también es aceptable estos rangos de variación, en especificaciones técnicas es común indicar estos rangos cuando se realiza los rellenos en explanaciones. Esta variación se encuentra en la tabla 19 que se muestra a continuación.

RESUMEN DE ENSAYO IN SITU DE DENSIDAD - HUMEDADEN EXPLANACION POR CAPAS DE 30 cm								
Catidad de caps muestreadas de 223 c/0.30 m	Humedad maxima promedio (%)	Humedad minima promedio (%)	Humed promedio In Situ (%)	Humedad promedio de la MDS (%)	MDS del proctor modificado (gr/cc)	Densidad In Situ (gr/cc)	Grado de compactacion tipica (%)	Grado de compactacion In Situ promedio (%)
77	6.29	4.14	5.39	6.16	3.02	2.98	95.00	97.80

Figura 38: Resumen promedio de densidad - humedad de relave en explanación.

Con respecto a la estabilidad y considerando los métodos de equilibrio limite, para los análisis de  $\phi = 0$  ó  $\phi > 0$  con presiones de poros bajas o altas, el Método Simplificado de Bishop es adecuado para el análisis de falla circular. El método es muy estable numéricamente, solo que hay problemas de convergencia cuando los extremos de la superficie de falla es muy parada, casi vertical.

Para el análisis de estabilidad de la explanación, las propiedades geotécnicas se tomaron del estudio geotécnico de Lara Consulting, mencionando que los valores que propone para el análisis son conservadores en relación al relave filtrado. Para el relave el peso unitario toma un valor de 17 kN/m<sup>3</sup>, 15 kN/m<sup>2</sup> de cohesión y un ángulo de fricción de 28° respectivamente. Con estos valores se procedio a su

analisis, resultando valores adecuados de factor de seguridad por encima de 1.5 como indican las norma E-050.

### Ventajas y desventajas del relave filtrado y relleno estructural

En relación al costo y comparación se presenta que el costo por m³ de material preparado, transportado, colocado, conformado y compactado el relave filtrado considerablemente es menos que el relleno estructural, esto se puede apreciar en la tabla 20.

Tabla 12: Costo por m³ de material explanado.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
1	Relave filtrado	m3	87,942.00	5.71	502,148.82
2	Relleno estructural	m3	87,942.00	11.20	984,718.94
					<b>482,570.12</b>

La explanación analizada ejecutada en capas de cada 0.30 m de altura, compactado con rodillo liso vibratorio de 12 toneladas de capacidad y las capas proyectadas en total fueron de 223 capas de relave filtrado y 10 capas de 0.300 m de espesor de relleno estructural.

En el histograma de la figura 31 que se muestra se aprecia la variación de costos por m³ de compactación entre ambos materiales.

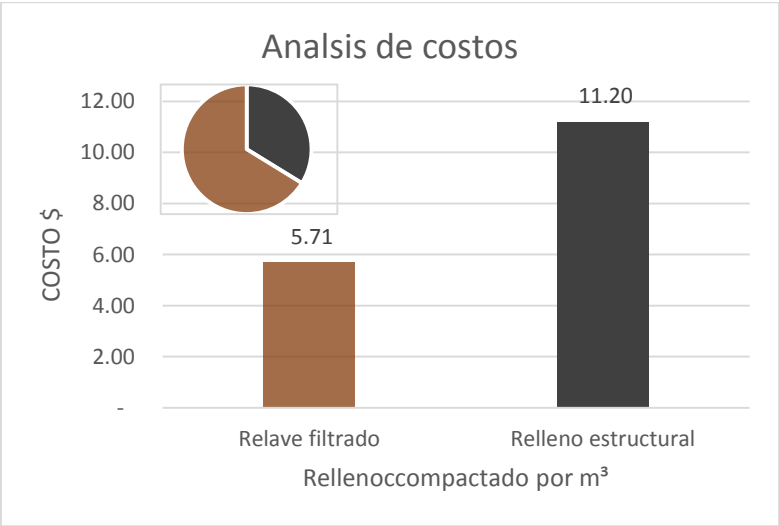


Figura 39 . Analisis de costo por m³ de material expando.

La tabla de la tabla 21 se tiene un resumen de las sub-partidas en sus distintas etapas de proceso para la explanacion, donde el relave diltrado es mucho mas economico. Esto es debido a que las etapas para el proceso del relleno estructural



demanda mayores recursos y tiempo en su proceso. En las figuras 32 se aprecia el preparado, acumulacion y sarandeo para obtener el relleno estructural en la cantera “Botadero N°2”.

Proceso de material por m <sup>3</sup>	Und	\$ Relave filtrado	\$ Relleno Estructural	diferencia
Preparacion del material	m3	1.23	1.23	0.00
Transporte de material	m3	1.71	4.37	6.08
Agua para la obra	m3	0.00	0.48	0.48
zarandeo de material	m3	0.00	1.44	1.44
Mano de Obra	hh	0.63	0.84	1.46
Equipos	hm	2.13	2.85	4.98

Figura 40: Sub-partidas resumidas de ambos rellenos.



Figura 41 . Zarandeo de materia en cantera y acumulacion.

Como referencia se tiene el análisis de la explanación para el filtrado de relaves, con un relleno masivo, que de acuerdo a levantamiento topográfico y cálculos de volumen de movimiento de tierras, que haciendo a 87,942 m<sup>3</sup>; empleando relleno estructural hacendaria a la suma de 984.718.90 dólares en su explanación a diferencia que usando relave el costo sería de, 502,148.82 dólares. Esto se debe a que el relave ya se encuentra disponible y no requiere preparación y explotación, no requiere agua para obra, el trasporte es de menor longitud. Y que es un 96 % más rentable que el relleno estructural, esto se puede apreciar en el histograma de la figura



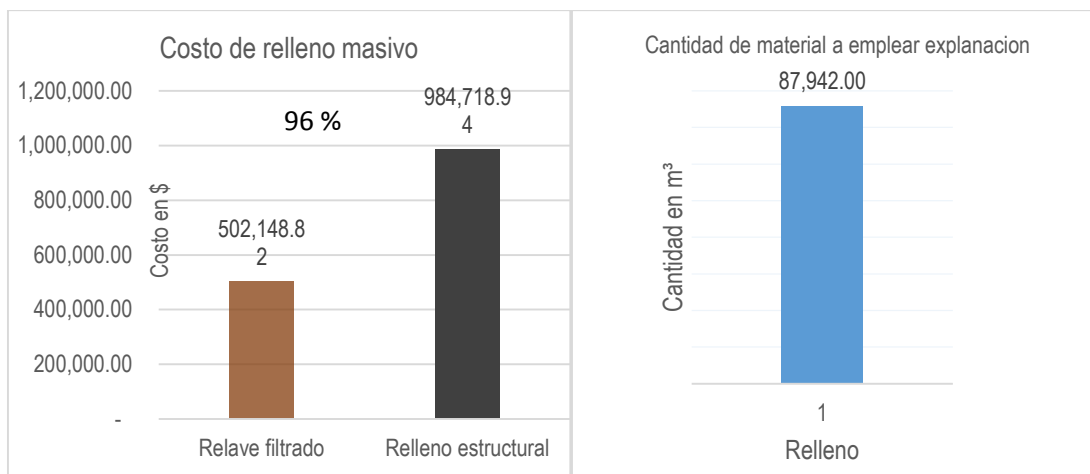


Figura 42 . Costo total del movimiento de tierras masivo y su incidencia.

La distancia de transporte de material teniendo como referencia el punto de explanación es relativamente corto el de relave con respecto a la cantera del relleno estructural siendo este 1.3 Km “Ckeck Dam” y 3.7 Km “Botadero N° 2”, reduciendo así en costo y tiempo la ejecución de la explanación. En la figura 34 se aprecia el carguío de relaves en la plataforma de deposición Check Dam.



Figura 43 . Acopio de depositacion Check Dam, cargui de relave filtrado.

Determinación de condiciones de utilización para explanación con relave filtrado:

El clima en el lugar de estudio es seco, relieve árido, esto ayuda a desecar los relaves provenientes de la planta de filtrados, con humedades analizadas de 16% en promedio de acuerdo a los ensayos realizados.

La altura promedio de la unidad minera esta en 2200 msnm.

Disposición continúa del material (disponible en cantidad).

La distancia de transporte sea relativamente igual o menor al punto de colocación del proyecto.

Donde no se requiera su preparación, es decir empleo de agua donde el costo puede ser elevado. Se menciona que en Cerro Lindo el agua es escasa y no usa agua de las cuencas. La cual para sus operaciones usa agua desalinizada y bombeada desde el mar.

Debido a que el relave filtrado es un material del tipo SM, cabe la posibilidad de realizar nuevos ensayos y pruebas con la combinación otros materiales de préstamos para mejorar sus propiedades y características.

Finalmente ciertas las propiedades físicas-mecánicas contribuyen a que el relave sea aplicables para para proyectos ingenieriles, debido a su disponibilidad y disposición en la periferia de la industria minera. Ya que resulta más económico y reducción de tiempo en su aplicación.

## VI. CONCLUSIONES

Se analizaron las propiedades físicas y mecánicas en laboratorio como en campo del tanto del relave filtrado como del relleno estructural, obteniéndose resultados muy favorable de 3.02 gr/cc en laboratorio y 2.98 gr/cc en campo con relación al proctor y densidad en campo. Por consiguiente presenta alta densidad con respecto a la densidad del relleno estructural.

Según los sistemas de clasificación SUCS, el relave resulta un SP-SM (arena limosa pobremente grada) y AASHTO un A-4 (1) como un suelo regular, su contenido de humedad natural en la depositación resulta un promedio de 14.64 % y en la densificación 5.39 %, una gravedad específica de 4.03 gr/cc que también es significativo, los límites de consistencia de cierto modo tiene variabilidad NP o hasta 2. Y con respecto al relleno estructural según SUCS resulta GC-GM (grava limo arcillosa) y AASHTO resulta un A-1-a (0) como un suelo excelente a bueno, su contenido de humedad natural en la cantera resulta un promedio de 1.61 % y en la densificación 6.91 %, una gravedad específica de 2.61 gr/cc, los límites de consistencia resulta con un IP de 4.

Con respecto al grado de compactación en laboratorio de la MDS de 3.02 gr/cc resulta un promedio de 97.8% teniendo, como referencia de compactación al 95%.

La estabilidad de talud de la explanación con el material de relave resulta un factor de seguridad de 1.91 en estado estático y 1.21 en estado pseudo-estático. Considerando el método de equilibrio límite.

La aplicación y uso del relave filtrado representa una reducción de tiempo en la ejecución y proceso de explanación. Debido a que el proceso de elaboración del producto ya se encuentra disponible y la distancia de transporte es más corta 3.7 km con respecto a 1.3 km de distancia.

Con respecto al costo, el relave resulta ser más económico por m<sup>3</sup> en el proceso de preparación, transporte, colocación, conformado y compactado, resultando el precio unitario para relave de \$ 5.71 y \$11.20. Generando ello un ahorro del 96%.

El uso del relave filtrado es viable dada las condiciones de clima en la unidad minera Cerro Lindo, puesto que el clima seco y su relieve árido en la mayor cantidad de los meses y encontrando se a una altitud de 2200 msnm. Ayudando en la desecación del material proveniente de la planta de relaves con un 16 % de humedad.



*Figura 44 . Explanacion de referncia en el las inmediaciones de la planta de filtrados.*

## VII. RECOMENDACIONES

Profundizar la evaluación y análisis las propiedades físicas y mecánicas a mayor detalle con ensayos especiales, como ejemplo ensayos triaxiales.

En zonas en donde las condiciones climáticas y precipitaciones sean severas, se debe realizar un estudio previo, debido a la extensión de su deposición y pie de obra están expuesta a las precipitaciones.

Fomentar su aplicación con nuevas técnicas con la combinación con otros materiales, para mejorar sus propiedades geotécnicas.

El grado de complejidad física del área de emplazamiento, es decir la topografía, también puede imponer importantes restricciones para la ejecución con este material y generar mayor costo.

Considerar la intensidad y diversidad de impactos ambientales que pudiesen generar a partir de un mal manejo en su aplicación.

Realizar pruebas y ensayos de CBR (capacidad de soporte) para aplicación en mejoramiento de carreteras como alternativa material de relleno, también con la combinación con materiales de cantera y evaluar propiedades que deriven de esta combinación.

## VIII REFERENCIAS

- Almerco, D. (2014). Construcción de dique con tratamiento del relave, en mina Catalina Huanca - Region Ayacucho. *Tesis de grado*. Universidad San Martin de Porres, Lima.
- Ayala, R. (2018). *Gestion de Seguridad de Depósito de relave bajo enfoque de Riesgo*. Recuperado el 17 de Febrero de 2021, de [http://becas.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Eventos/SIG-2018-Gestion-seguridad-presas-relaves-enfoque-riesgo.pdf](http://becas.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Eventos/SIG-2018-Gestion-seguridad-presas-relaves-enfoque-riesgo.pdf).
- Calderon, V. C., & Umiña, Y. R. (2015). Evaluacion de concretos geopolimericos mediante activacion alcalina de residuos mineros (relave) y zeolita natural. *Tesis de grado*. Universidad Nacional de San Agustin, Arequipa - Peru.
- Cano, W. (2014). Control de calidad en la construcción de pad de lixiviacion. *Tesis de grado*. Universidad Nacional San Agustin, Arequipa.
- CAPECO (camara peruana de la construcción). (2014). *Analisis de precios unitarios en edificaciones*. Lima: Biblioteca nacional del Perú.
- CESEL INGENIEROS. (2020). *Nuevo Filtro de Relaves Documento FEL3 Ingenieria Basica Especialidad Geotecnia Estudio de Rellenos*. Informe Tecnico, Lima.
- Chipana, E. (2018). Empleo de relave minero para el mejoramiento de las características mecanicas de la carretera Ananea-Suches. *Tesis de grado*. Universidad Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca.
- Crespo, C. (2007). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.
- Das, B. (2011). *Fundamentos de ingenieria de cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- Dirección de Gneral de Caminos y Ferrocarriles. (2000). Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000). En D. d. Ferrocarriles, *Glosario referido a definiciones de los terminos mas usuales del manual de ensayo de materiales para carreteras EM-2000* (págs. 1-5). Lima.



- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2000). Manual de Ensayo de Materiales (EM-2000). En D. G. Ferrocarriles, *Control de materiales* (pág. 11). Lima.
- Especialistas Medioambientales S.A.C. (Abril de 2011). *“MODIFICACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE LA UNIDAD.* Obtenido de <http://intranet2.minem.gob.pe>:  
[http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/inicio/resumen/RE\\_2092940.PDF](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/inicio/resumen/RE_2092940.PDF)
- Fernández, A., & Flores, O. (Noviembre de 2019). *Modulo cortante y amortiguamiento de relaves mineros no saturados.* Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/337447635\\_Modulo\\_cortante\\_y\\_a\\_mortiguamiento\\_de\\_relaves\\_mineros\\_no\\_saturados](https://www.researchgate.net/publication/337447635_Modulo_cortante_y_a_mortiguamiento_de_relaves_mineros_no_saturados)
- Granda, D. (2016). Propuesta de diseño de ampliación de la relavera de la planta de beneficio La López en el cantón Camilo Ponce Enríquez. *Tesis de grado.* Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Huaña, O. (2015). Diseño de Presas de Relave. *Tesis de Grado.* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Lara Consulting & Engineering S.A.C. (2018). *Ingeniería de Detalle del Camino de Acceso Operacional al Botadero de Emergencia de la Mina Cerro Lindo NEXA.* Lima.
- Lara, J. (18 de Octubre de 2013). *Experiencias de Operaciones de Depositos de Relaves Espesados y Filtrados.* Recuperado el 10 de Enero de 2021, de Instituto de Ingenieros de Minas del Perú:  
[http://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20131017\\_relaves.pdf](http://www.iimp.org.pe/pptjm/jm20131017_relaves.pdf)
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Guía ambiental para el manejo de relaves mineros.* Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de <https://www.gob.pe/minem>:  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/relaveminero.pdf>

- Ministerio de Vivienda. (2012). *CE.020 Estabilización de suelos y taludes*. Recuperado el 15 de 03 de 2020, de [http://www3.vivienda.gob.pe: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf)
- Ministerio de Vivienda. (3 de 12 de 2018). *E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES*. Obtenido de [https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/222983-406-2018-vivienda: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300082/d231803\\_opt.pdf](https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/222983-406-2018-vivienda: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300082/d231803_opt.pdf)
- Nº, G., Ginocchio, R., & Leon, P. (2011). *Fitoestabilización de Depósitos de Relaves en Chile*. Recuperado el 15 de FEBRERO de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/336217768\\_Fitoestabilizacion\\_de\\_Depositos\\_de\\_Relaves\\_en\\_Chile/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/336217768_Fitoestabilizacion_de_Depositos_de_Relaves_en_Chile/citation/download)
- Ramirez, N. (21 de Diciembre de 2007). *Guia Técnica de Operacion y Control de Depósito de Relaves*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>
- Reyes, J. (13 de Septiembre de 2017). *Perú desarrolla primera planta que fabricará ladrillos reciclando relaves mineros*. Obtenido de Gestión: <https://gestion.pe/tecnologia/peru-desarrolla-primera-planta-fabricara-ladrillos-reciclando-relaves-mineros-143455-noticia/>
- Rodriguez Giron, C. P., & Vizcardo Cordero, E. (s.f.). Propuesta de alternativa de filtrado de relaves con geotubos para el modelamiento geotecnico del dique 3. *Tesis de grado*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Salazar, S. (2018). Estabilidad física de la presa de relaves para el nivel de crecimiento hasta la cota 4,320 M.S.N.M. utilizando relave cicloneado. *Tesis de grado*. Universidad Peruana de los Andes, Lima, Perú.
- Salgado, O., & Peralta, R. (2016). Analisis técnico económico del concreto fluido como reemplazo del relleno estructural compactado - en la construcción del proyecto minero las Bambas. *Tesis de grado*. Universidad Privada de Tacna, Tacna.

- Servicio Nacional de Geología y Minería. (s.f.). *Preguntas frecuentes sobre relaves*. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://www.sernageomin.cl/https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>
- Tamez, E. (2001). *Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico: TCG Geotecnia S.A. de C.V.
- Venegas Olivares, J. (s.f.). Aplicación del relleno en pasta para reducir los costos operativos en la unidad cerro lindo. *Tesis de grado*. UNSCH, Ayacucho.
- Zúñiga, W. (2010). *Topografía geodesia y cartografía*. Lima: Grupo univertitario SAC.

ANEXOS

# CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

**PERUTEST S.A.C.**

CALIBRACIÓN - MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

**CERTIFICADO DE FABRICACION  
CONO DE DENSIDADES DE ARENA  
MANUFACTURADO POR**

**PERUTEST S.A.C.**  
**EQUIPOS DE LABORATORIO**

Cono inferior	Rebordeado 165 mm de diam. (6-1/2") en bronce
Válvula	1/2" (13 mm)
Botella	1 Galón
Plato de Base	En aluminio
Serie	282

**El Cono de Densidades de Arena ha sido Fabricado  
examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con  
las especificaciones de las normas:**

**Norma de ensayo**

**ASTM D - 1556  
NTP 339.143**

Lima, 04 de Diciembre del 2019

Aprobado:



Alejandro Flores Miniya  
Dep. Técnico y Metrología

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima

Sucursal: Calle Siochi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730

E-mail: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)





**PERUTEST S.A.C.**

CALIBRACION, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE FABRICACION MOLDE PROCTOR ESTANDAR

MANUFACTURADO POR

**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS DE LABORATORIO

Diámetro interno	101.6 mm $\pm$ 0.4 mm (4")
Altura	116.4 mm $\pm$ 0.5 mm
Volumen	944 cm <sup>3</sup> $\pm$ 14 cm <sup>3</sup>
Serie	024

El Molde Próctor Estándar ha sido Fabricado, examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con las especificaciones de las normas:

Norma de ensayo: ASTM D – 1557  
NTP 339.141 / MTC E 116

Lima, 04 de diciembre del 2019

Aprobado:



Alejandro Flores Miraya  
Dep. Técnico y Metrología

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima  
Sucursal: Calle Sínchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730  
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe





**PERUTEST S.A.C.**

CALIBRACIÓN - MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE FABRICACION MARTILLO PROCTOR MODIFICADO

MANUFACTURADO POR

**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS DE LABORATORIO

Peso	4540 $\pm$ 10 g
Caída	457 $\pm$ 1.3 mm (18")
Diámetro de la masa	50.8 mm
Serie	032

El Martillo Proctor Modificado ha sido fabricado, examinado  
y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con las  
especificaciones de las normas:

Norma de ensayo: ASTM D - 1557  
NTP 339.141

Lima, 04 de diciembre del 2019

Aprobado:



Alejandro Flores Minaya  
Dep. Técnico y Metrología

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730  
E-mail: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)





**PERUTEST S.A.C.**

CALIBRACIÓN - MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE FABRICACION MOLDE PROCTOR MODIFICADO

MANUFACTURADO POR

**PERUTEST S.A.C.**  
**EQUIPOS DE LABORATORIO**

Diámetro interno	152.4 mm $\pm$ 0.7 mm
Altura	116.4 mm $\pm$ 0.5 mm
Volumen	2 124 cm <sup>3</sup> $\pm$ 25 cm <sup>3</sup>
Serie	026

**El Molde Próctor Modificado ha sido Fabricado, examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con las especificaciones de las normas:**

Norma de ensayo: **ASTM D – 1557**  
**NTP 339.141 / MTC E 115**

Lima, 04 de diciembre de 2019

Aprobado:



Alejandro Flores Minaya  
Dep. Técnico y Metrología

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730  
Email: [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)



## PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

### CERTIFICADO DE CALIDAD

**PRODUCTO** : ARENA CALIBRADA PARA DENSIDAD NATURAL

**NORMAS DE ENSAYO** : NTP 311.330 / ASTM D 1556

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (CU)	: MENOR A 2 (CU<2)
TAMAÑO MÁXIMO TM	: MENOR A 2 mm Ó MALLA N°10 (TM<2 mm Ó MALLA N°10)
PASANTE LA MALLA N° 60	: MENOR AL 3%
TAMAÑO PROMEDIO	: COMPRENDIDA ENTRE LAS MALLAS N°10 Y N°20
(CU) PROMEDIO	: POR EL ORDEN DE 1.66
ABSOLUTO MALLA N°10	: 100% PASANTE
ABSOLUTO MALLA N°60	: 0% PASANTE
ABSOLUTO MALLA N°20	: 100% RETENIDO
DENSIDAD SUELTA	: 1.42 a 1.44 g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	: 0%

#### OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

TAMIZAR ENTRE LAS MALLAS N° 10 Y N° 60, DESPUÉS DE CADA ENSAYO RETIRAR PARTICULAS EXTRAÑAS.

GUARDAR EN UN LUGAR LIBRE DE OBJETOS QUE PUEDAN TRITURAR LA ARENA Y LIBRE DE HUMEDAD.

LA DENSIDAD SUELTA PUEDE VARIAR EN CADA EQUIPO DEPENDIENDO DEL MISMO, SE RECOMIENDA VERIFICAR NUEVAMENTE.

SE RECOMIENDA EL USO DE BOLSAS CON SELLO TERMICO PARA NO CONTAMINAR LA ARENA CALIBRADA.

SEAL DE VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO  
PERUTEST S.A.C.  
CIP 11000







# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## INFORME DE VERIFICACIÓN

PT - IV - 0425 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente 1436-2019

2. Solicitante QUISPE ISIDRO EDER MANACES

3. Dirección A.J. EL SAUVADOR MZ. A LT. 14 - PUEBLO  
NUEVO - CHINCHA - ICA

4. Instrumento de medición EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO  
(CAZUELA CASAGRANDE)

Marca PERUTEST

Modelo PT-C

Procedencia PERÚ

Número de Serie 004

Código de Identificación NO INDICA

Tipo de contador NO TIENE

Ubicación NO INDICA

5. Fecha de Verificación 2019-12-05

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-12-05

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730

E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

## ENSAYOS DE LABORATORIO:

- Contenido de humedad
- Análisis granulométrico
- Límites de consistencia
  - Proctor modificado
- Densidad In Situ por método cono de arena

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE Isidro "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe I.  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

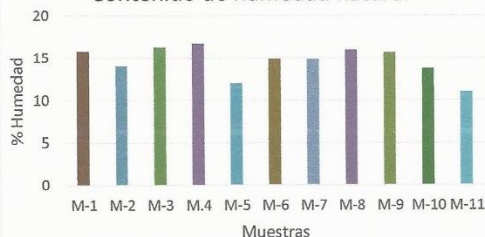
ARCHIVO N°:  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

# RESUMEN

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación		
Muestra		
Profundidad (m)		
0.00 - 0.40		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	N°	Abertura (mm)
	3 "	76.200
	2 "	50.800
	1 1/2 "	38.100
	1 "	25.400
	3/4 "	19.000
	1/2 "	12.700
	3/8 "	9.500
	1/4 "	6.350
	% que pasa	
JE ACUMULADO PASA (%)	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	
	100.00	

Contenido de humedad natural



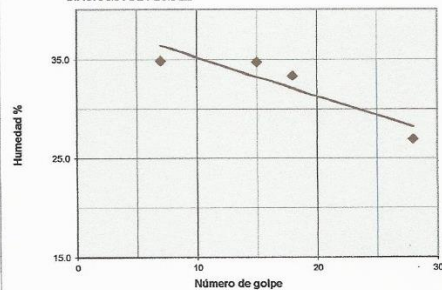
Contenido de Humedad	(%)	15.80
Límite Líquido (LL)	(%)	29.96
Límite Plástico (LP)	(%)	28.73
Índice Plástico (IP)	(%)	1.23
Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Clasificación (AASHTO)		A-4
Índice de Grupo		2

Nombre de grupo Arena limosa

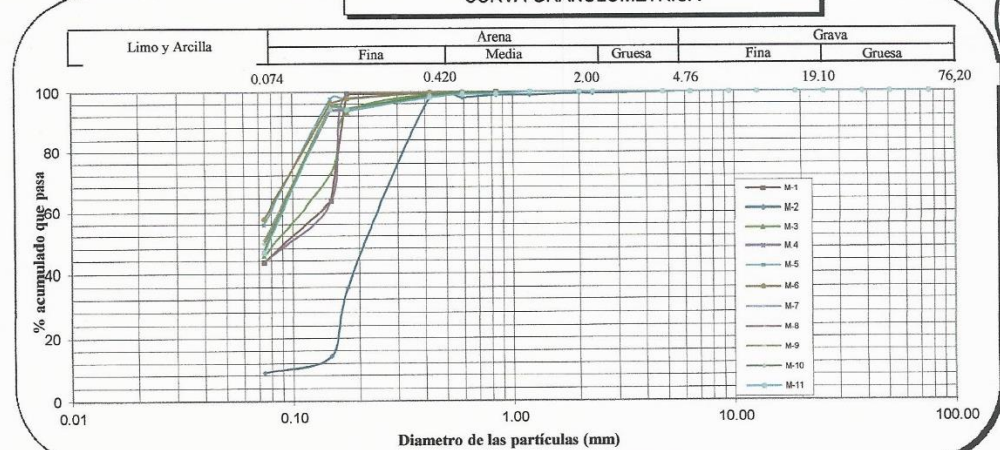
## DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :		Nº 16	
PESO TOTAL :		673.4	
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	56.47
	AM%	0.53	
	AF%	55.94	
% Finos			43.53

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CURVA GRANULOMETRICA



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

*Eder Quispe*  
CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787



# ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D-422, AASHTO T-88, MTC E-107-2000

PROYECTO PROYECTO CERRO LINDO - MILPO

MATERIAL M-01

FECHA 24/04/2019

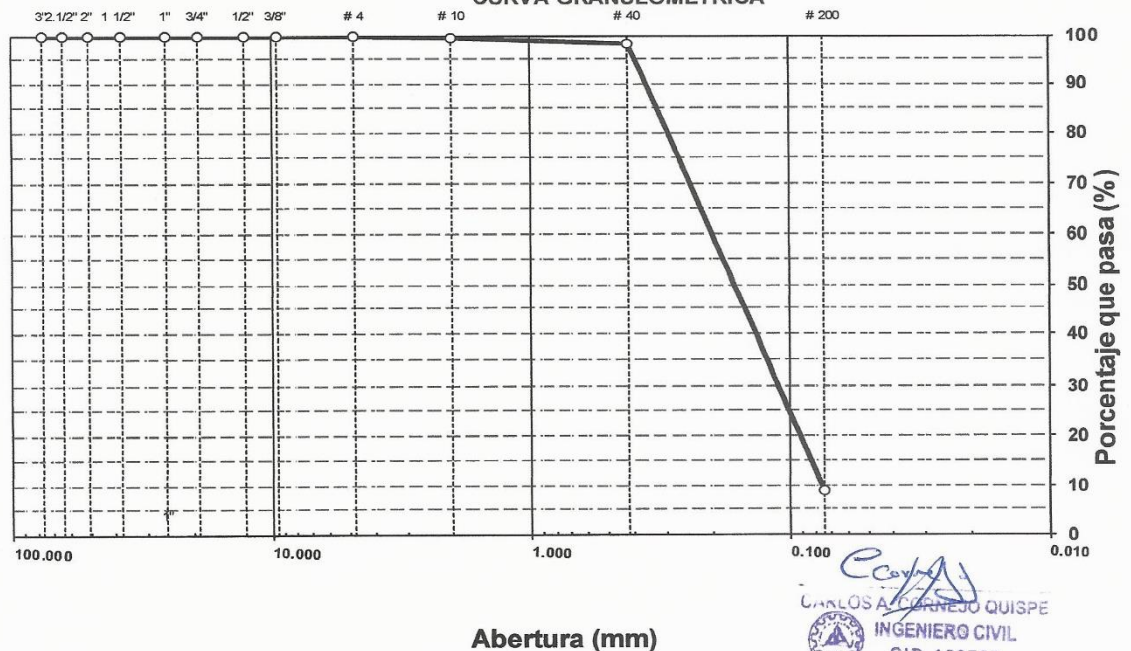
Revisado por : Ing. Guillermo Esteban Talla

MUESTRA

PROF. (m)

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 953.0 gr
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITELIQUIDO = 34
1"	25.400			0.0	100.0	LIMITE PLASTICO = 29
3/4"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICO = 5
1/2"	12.700			0.0	100.0	CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS = SM
1/4"	6.350			0.0	100.0	MAX. DENS. SECA = 3.048 gr/cc
# 4	4.760	1.0	0.1	0.1	99.9	HUMEDAD OPT. = 5.200 %
# 8	2.360	4.0	0.4	0.5	99.5	
# 10	2.000			0.5	99.5	
# 16	1.190	5.0	0.5	1.0	99.0	
# 30	0.600	8.0	0.8	1.9	98.1	
# 40	0.420			1.9	98.1	
# 50	0.300	593.0	62.2	64.1	35.9	
# 100	0.149	206.0	21.6	85.7	14.3	
# 200	0.074	50.0	5.3	91.0	9.0	
<# 200	FONDO	86.0	9.0	100.0		% Humd. Nat.
FRACCION		953.0				Coef. Uniformidad 4.1
TOTAL		953.0				Coef. Curvatura 3.1
Descripción suelo:	Arenas limosas, mezcla de arena y limo mal graduada.				Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



CARLOS A. CARRERO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -

SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro

UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-1 M-1

REALIZADO : Eder Quispe I.

FECHA : Diciembre del 2020

REV. : 01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

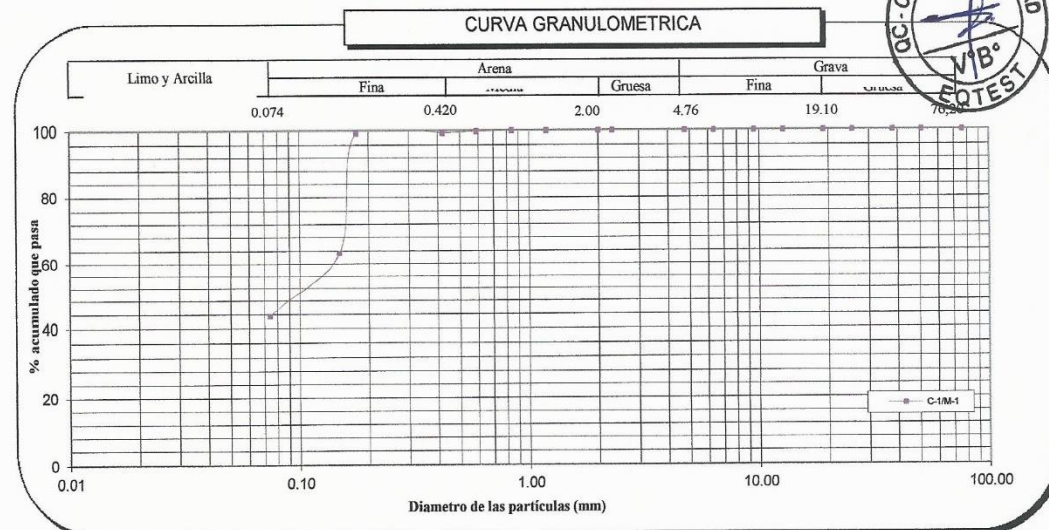
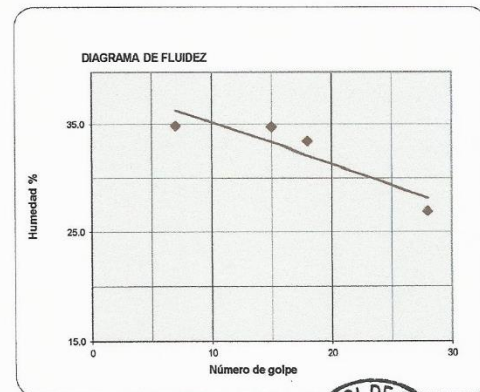
Calicata y/o Ubicación		C-1		
Muestra		M-1		
Profundidad (m)		0.00 - 0.40		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		% que pasa	
	Nº	Abertura (mm)		
	3 "	76.200		100.00
	2 "	50.800		100.00
	1 1/2 "	38.100		100.00
	1 "	25.400		100.00
	3/4"	19.000		100.00
	1/2"	12.700		100.00
	3/8"	9.500		100.00
	1/4"	6.350		100.00
	Nº 4	4.760		100.00
	Nº 8	2.300		100.00
	Nº 10	2.000		100.00
	Nº 16	1.190		100.00
	Nº 20	0.840		100.00
	Nº 30	0.590		99.85
	Nº 40	0.420		99.47
	Nº 50	0.297		99.47
	Nº 60	0.250		99.47
	Nº 80	0.177		99.47
	Nº 100	0.149		63.34
	Nº 140	0.105		63.34
	Nº 200	0.074		43.53
Contenido de Humedad		(%)	15.80	
Límite Líquido ( LL )		(%)	29.96	
Límite Plástico ( LP )		(%)	28.73	
Índice Plástico ( IP )		(%)	1.23	
Clasificación ( S.U.C.S. )			SM	
Clasificación ( AASHTO )			A-4	
Índice de Grupo			2	

Nombre de grupo Arena limosa

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :	N° 16
PESO TOTAL :	673.4
FRACC. <#4 :	
DENSIDAD MAX. :	
K :	

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	
	AM%	0.53	
	AF%	55.94	56.47
% Finos			43.53



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 100787



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
 SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro.  
 UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

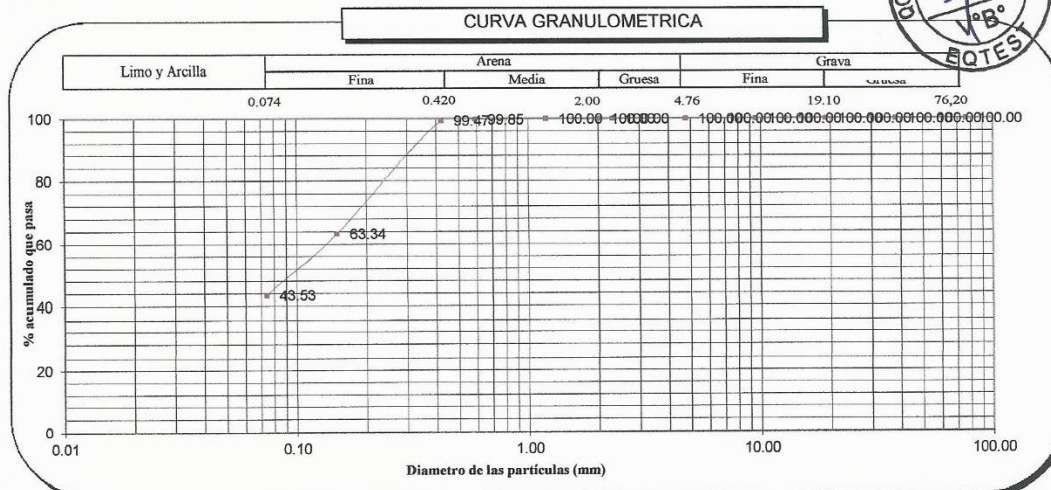
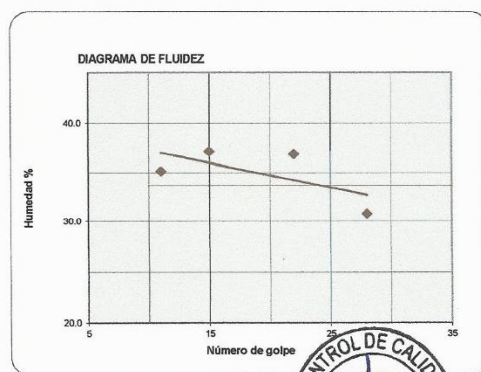
ARCHIVO N°: C-2 M-2  
 REALIZADO : E.Q.I  
 FECHA : Diciembre del 2020  
 REV. : '01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación			C-2
Muestra			M-2
Profundidad (m)			0.00 - 0.40
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	Nº 4	4.760	100.00
	Nº 8	2.300	100.00
	Nº 10	2.000	100.00
	Nº 16	1.190	100.00
	Nº 20	0.840	100.00
	Nº 30	0.590	99.85
	Nº 40	0.420	99.47
	Nº 50	0.297	99.47
	Nº 60	0.250	99.47
	Nº 80	0.177	99.47
	Nº 100	0.149	63.34
	Nº 140	0.105	63.34
	Nº 200	0.074	43.53
Contenido de Humedad (%)			16.20
Límite Líquido ( LL ) (%)			33.68
Límite Plástico ( LP ) (%)			29.40
Índice Plástico ( IP ) (%)			4.28
Clasificación ( S.U.C.S. )			SC - SM
Clasificación ( AASHTO )			A-4
Índice de Grupo			2

Nombre de grupo Arena limo arcillosa

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
TAMAÑO MAX. :	N° 16		
PESO TOTAL :	673.4		
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	56.47
	AM%	0.53	
	AF%	55.94	
% Finos			43.53



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

Carlos A. Cornejo Quispe  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108707



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-3 M-3  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

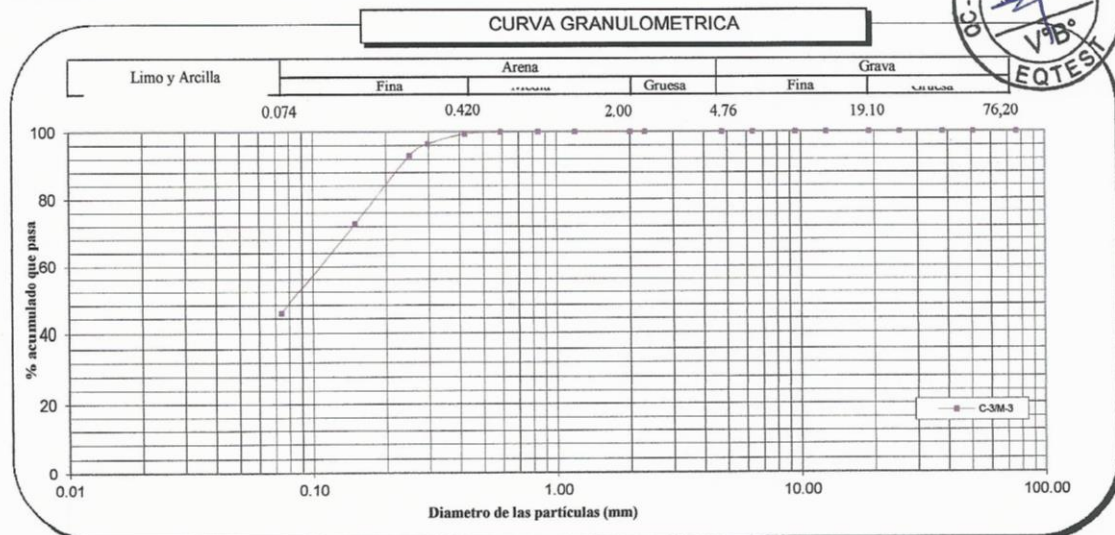
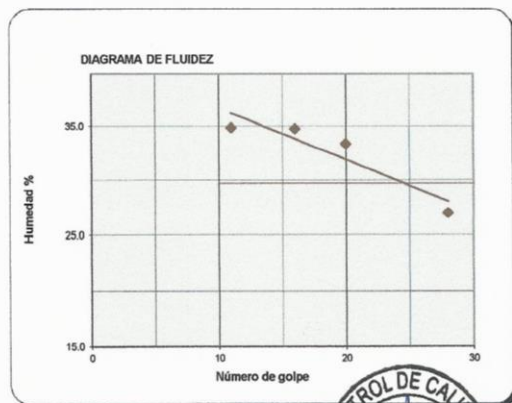
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación			C-3
Muestra			M-3
Profundidad (m)			0.00 - 0.50
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	Nº 4	4.760	100.00
	Nº 8	2.300	100.00
	Nº 10	2.000	100.00
	Nº 16	1.190	100.00
	Nº 20	0.840	100.00
	Nº 30	0.590	100.00
	Nº 40	0.420	99.42
	Nº 50	0.297	96.59
	Nº 60	0.250	93.12
	Nº 80	0.177	93.12
	Nº 100	0.149	72.83
	Nº 140	0.105	72.83
	Nº 200	0.074	45.63
Contenido de Humedad			(%) 16.30
Límite Líquido ( LL )			(%) 29.68
Límite Plástico ( LP )			(%) 28.73
Índice Plástico ( IP )			(%) 0.94
Clasificación ( S.U.C.S. )			SM
Clasificación ( AASHTO )			A-4
Índice de Grupo			2

Nombre de grupo Arena limosa

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :		Nº 16	
PESO TOTAL :		525.2	
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	54.37
	AM%	0.58	
	AF%	53.80	
% Finos			45.63



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-4 M-4  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

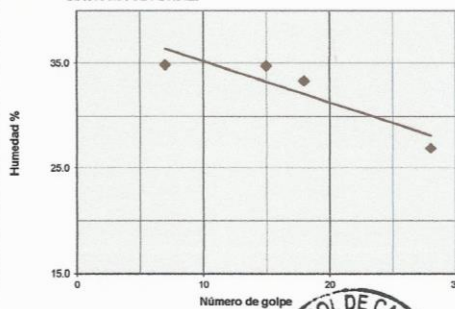
Calicata y/o Ubicación			C-4
Muestra			M-4
Profundidad (m)			0.00 - 0.30
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	N° 4	4.760	100.00
	N° 8	2.300	100.00
	N° 10	2.000	100.00
	N° 16	1.190	100.00
	N° 20	0.840	100.00
	N° 30	0.590	99.85
	N° 40	0.420	99.47
	N° 50	0.297	99.47
	N° 60	0.250	99.47
	N° 80	0.177	99.47
N° 100	0.149	63.34	
N° 140	0.105	63.34	
N° 200	0.074	43.53	
Contenido de Humedad (%)			16.70
Límite Líquido ( LL ) (%)			29.96
Límite Plástico ( LP ) (%)			28.73
Índice Plástico ( IP ) (%)			1.23
Clasificación ( S.U.C.S. )			SM
Clasificación ( AASHTO )			A-4
Índice de Grupo			2

Nombre de grupo Arena limosa

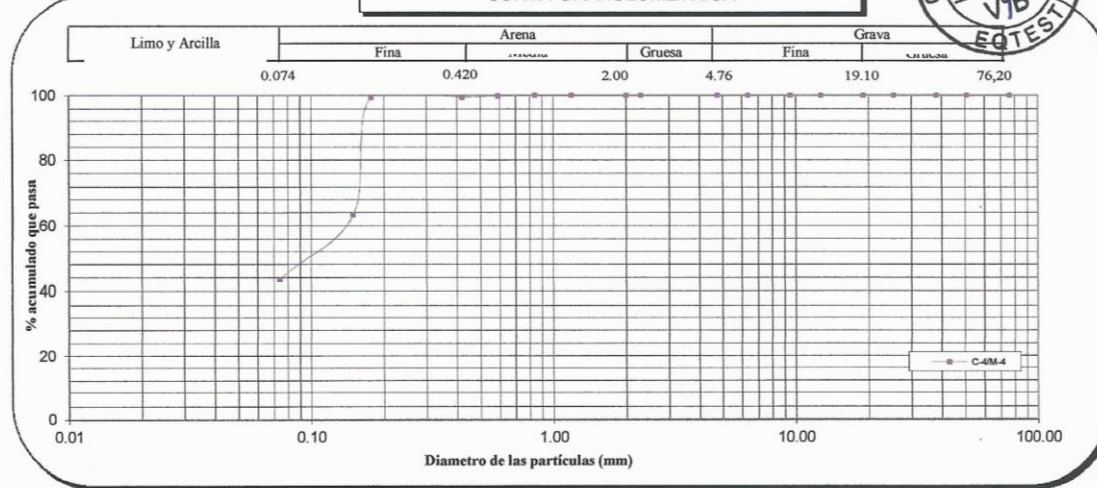
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :		Nº 16	
PESO TOTAL :		673.4	
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	56.47
	AM%	0.53	
	AF%	55.94	
% Finos			43.53

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CURVA GRANULOMETRICA



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 106737



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-5 M-5  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación	C-5
Muestra	M-5
Profundidad (m)	0.00 - 0.40

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	76.200	100.00
	2"	50.800	100.00
	1 1/2"	38.100	100.00
	1"	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	N° 4	4.760	100.00
	N° 8	2.300	100.00
	N° 10	2.000	100.00
	N° 16	1.190	100.00
	N° 20	0.840	100.00
	N° 30	0.590	100.00
	N° 40	0.420	100.00
	N° 50	0.297	100.00
	N° 60	0.250	97.70
	N° 80	0.177	97.70
	N° 100	0.149	97.70
	N° 140	0.105	62.29
	N° 200	0.074	55.96

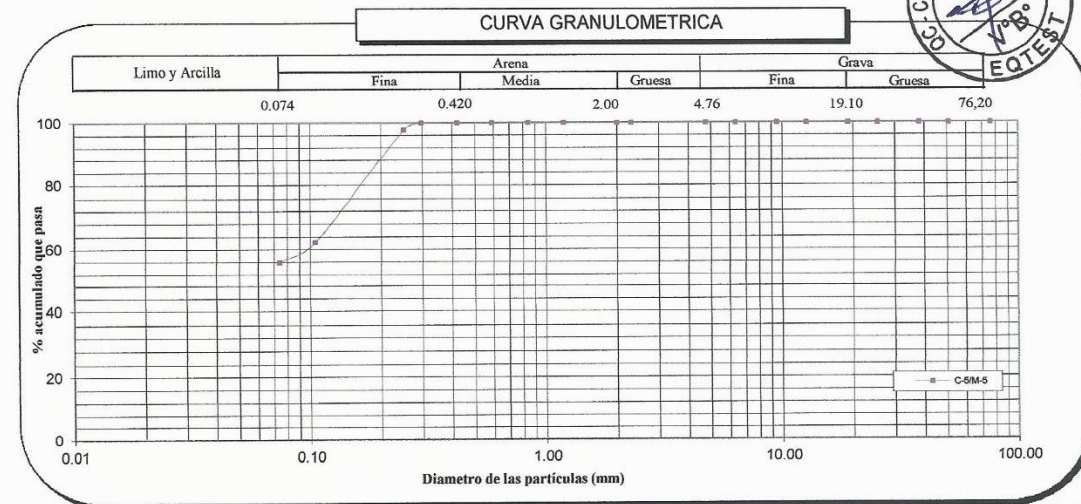
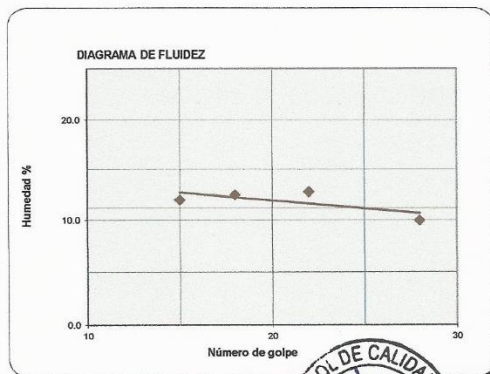
Contenido de Humedad (%)	12.07
Límite Líquido (LL) (%)	11.19
Límite Plástico (LP) (%)	NP
Índice Plástico (IP) (%)	NP
Clasificación (S.U.C.S.)	ML
Clasificación (AASHTO)	A-4
Índice de Grupo	4

Nombre de grupo Limo arenoso de baja plasticidad

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :	N° 16
PESO TOTAL :	684.5
FRACC. <#4 :	
DENSIDAD MAX. :	
K :	

% Grava	GG%	0.00	
	GF%	0.00	0.00
% Arena	AG%	0.00	
	AM%	0.00	
	AF%	44.04	44.04
% Finos			55.96



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 106787

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -

SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-6 M-6  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

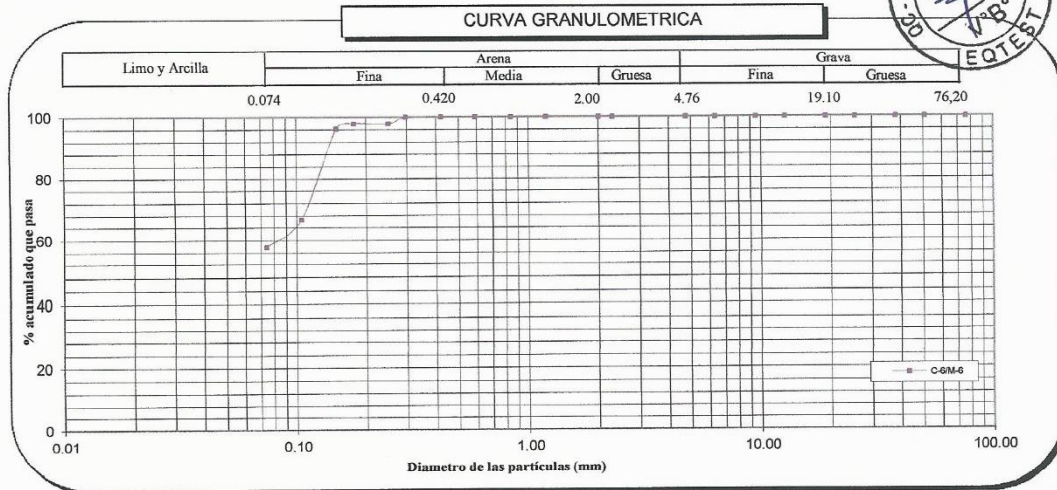
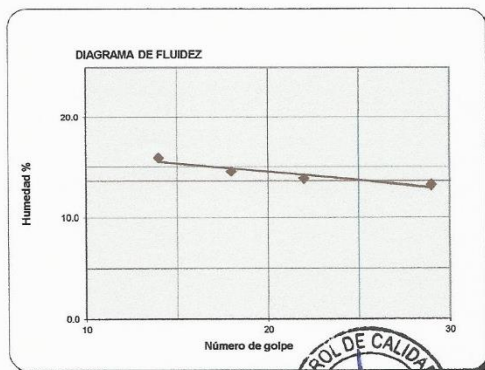
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación		C-6	
Muestra		M-6	
Profundidad (m)		0.00 - 0.60	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	Nº 4	4.760	100.00
	Nº 8	2.300	100.00
	Nº 10	2.000	100.00
	Nº 16	1.190	100.00
	Nº 20	0.840	100.00
	Nº 30	0.590	100.00
	Nº 40	0.420	100.00
	Nº 50	0.297	100.00
	Nº 60	0.250	97.98
	Nº 80	0.177	97.98
	Nº 100	0.149	96.29
	Nº 140	0.105	66.85
	Nº 200	0.074	57.82
Contenido de Humedad		(%)	14.90
Límite Líquido ( LL )		(%)	13.53
Límite Plástico ( LP )		(%)	NP
Índice Plástico ( IP )		(%)	NP
Clasificación ( S.U.C.S. )			ML
Clasificación ( AASHTO )			A-4
Índice de Grupo			4

Nombre de grupo Limo arenoso de baja plasticidad

#### DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMAÑO MAX. :		Nº 16	
PESO TOTAL :		938.0	
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	42.18
	AM%	0.00	
	AF%	42.18	
% Finos			57.82



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

Carlos A. Gornejo Quispe  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 100787



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-1 M-1  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

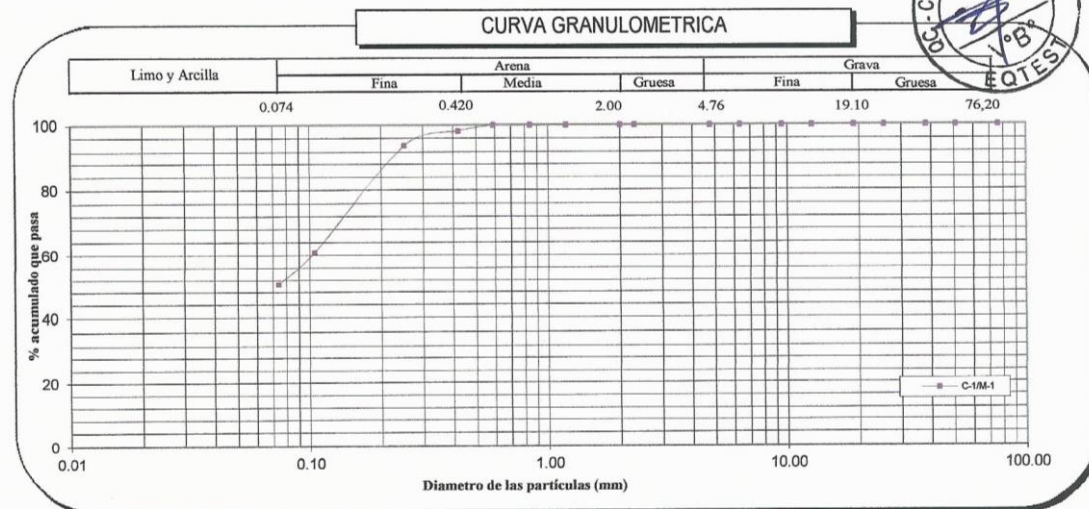
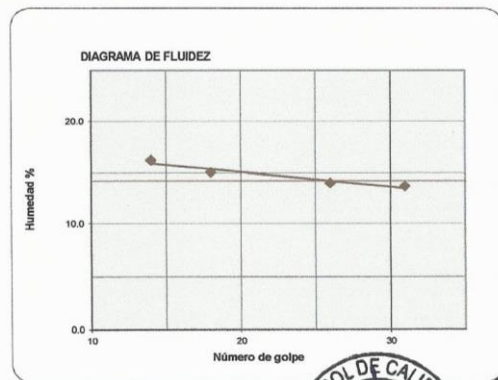
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación			C-1	
Muestra			M-1	
Profundidad (m)			0.00 - 0.30	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa	
	Nº	Abertura (mm)		
	3 "	76.200		100.00
	2 "	50.800		100.00
	1 1/2 "	38.100		100.00
	1 "	25.400		100.00
	3/4"	19.000		100.00
	1/2"	12.700		100.00
	3/8"	9.500		100.00
	1/4"	6.350		100.00
	Nº 4	4.760		100.00
	Nº 8	2.300		100.00
	Nº 10	2.000		100.00
	Nº 16	1.190		100.00
	Nº 20	0.840		100.00
	Nº 30	0.590		100.00
	Nº 40	0.420		98.34
	Nº 50	0.297		98.34
	Nº 60	0.250		93.78
	Nº 80	0.177		93.78
Nº 100	0.149	93.78		
Nº 140	0.105	60.91		
Nº 200	0.074	50.55		
Contenido de Humedad (%)			14.87	
Límite Líquido ( LL ) (%)			14.24	
Límite Plástico ( LP ) (%)			NP	
Índice Plástico ( IP ) (%)			NP	
Clasificación ( S.U.C.S. )			ML	
Clasificación ( AASHTO )			A-4	
Índice de Grupo			3	

Nombre de grupo Limo arenoso de baja plasticidad

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
TAMAÑO MAX. :	N° 16
PESO TOTAL :	569.0
FRACC. <#4 :	
DENSIDAD MAX. :	
K :	

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	49.45
	AM%	1.66	
	AF%	47.79	
% Finos			50.55



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. FORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 100707

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-8 M-8  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : '01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

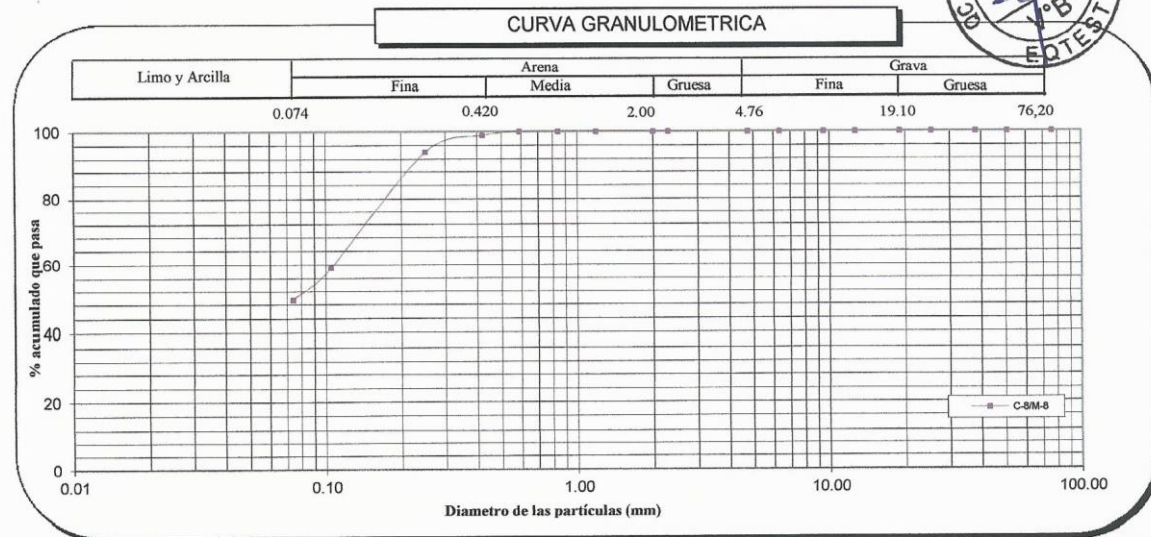
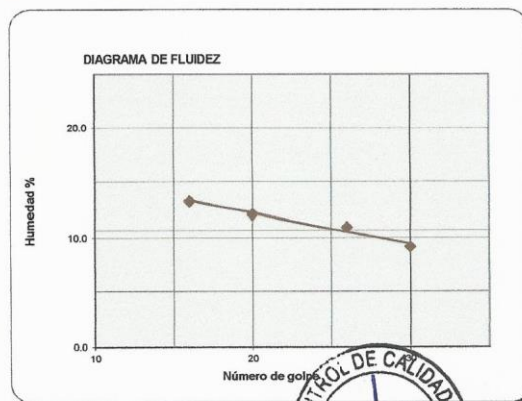
Calicata y/o Ubicación			C-8		
Muestra			M-8		
Profundidad (m)			0.00 - 0.50		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa	
		Nº	Abertura (mm)		
		3 "	76.200		100.00
		2 "	50.800		100.00
		1 1/2 "	38.100		100.00
		1 "	25.400		100.00
		3/4"	19.000		100.00
		1/2"	12.700		100.00
		3/8"	9.500		100.00
		1/4"	6.350		100.00
		Nº 4	4.760		100.00
		Nº 8	2.300		100.00
		Nº 10	2.000		100.00
		Nº 16	1.190		100.00
		Nº 20	0.840		100.00
		Nº 30	0.590		100.00
		Nº 40	0.420		98.97
		Nº 50	0.297		98.97
		Nº 60	0.250		94.13
		Nº 80	0.177		94.13
		Nº 100	0.149		94.13
		Nº 140	0.105		59.18
		Nº 200	0.074		49.31
Contenido de Humedad (%)			16.00		
Límite Líquido ( LL ) (%)			10.71		
Límite Plástico ( LP ) (%)			NP		
Índice Plástico ( IP ) (%)			NP		
Clasificación ( S.U.C.S. )			SM		
Clasificación ( AASHTO )			A-4		
Índice de Grupo			3		

Nombre de grupo Arena limosa

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMANO MAX. : N° 16  
PESO TOTAL : 689.0  
FRACC. <#4 :  
DENSIDAD MAX. :  
K :

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	50.69
	AM%	1.03	
	AF%	49.66	
% Finos			49.31



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
 SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
 UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-9 M-9  
 REALIZADO : E.Q.I  
 FECHA : Diciembre del 2020  
 REV. : '01

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

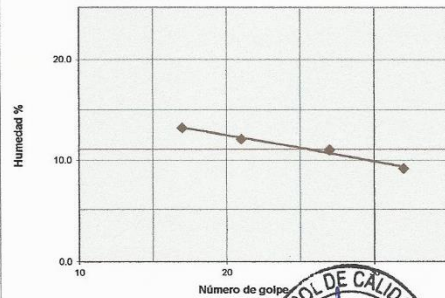
Calicata y/o Ubicación		C-9		
Muestra		M-9		
Profundidad (m)		0.00 - 0.40		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		% que pasa	
	Nº	Abertura (mm)		
	3 "	76.200		100.00
	2 "	50.800		100.00
	1 1/2 "	38.100		100.00
	1 "	25.400		100.00
	3/4"	19.000		100.00
	1/2"	12.700		100.00
	3/8"	9.500		100.00
	1/4"	6.350		100.00
	Nº 4	4.760		100.00
	Nº 8	2.300		100.00
	Nº 10	2.000		100.00
	Nº 16	1.190		100.00
	Nº 20	0.840		99.65
	Nº 30	0.590		99.65
	Nº 40	0.420		98.97
	Nº 50	0.297		98.97
	Nº 60	0.250		94.69
	Nº 80	0.177		94.69
	Nº 100	0.149		94.69
	Nº 140	0.105		65.92
	Nº 200	0.074		49.53
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)				
Contenido de Humedad (%)		15.70		
Límite Líquido ( LL ) (%)		11.02		
Límite Plástico ( LP ) (%)		NP		
Índice Plástico ( IP ) (%)		NP		
Clasificación ( S.U.C.S. )		SM		
Clasificación ( AASHTO )		A-4		
Índice de Grupo		3		

Nombre de grupo Arena limosa

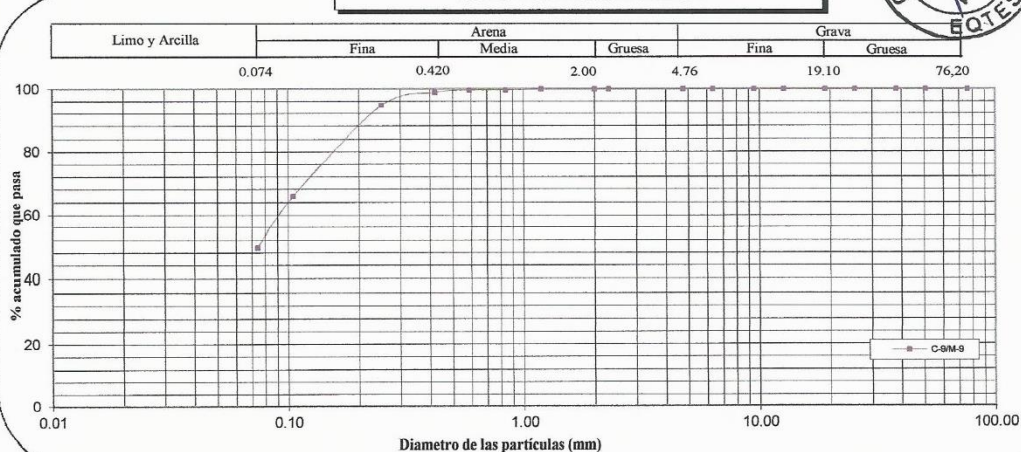
#### DESCRIPCION DE LA MUESTRA

TAMANO MAX. :		Nº 16	
PESO TOTAL :		791.8	
FRACC. <#4 :			
DENSIDAD MAX. :			
K :			
% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	50.47
	AM%	1.03	
	AF%	49.44	
% Finos			49.53

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



#### CURVA GRANULOMETRICA



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
 SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
 UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-10 M-10  
 REALIZADO : E.Q.I  
 FECHA : Diciembre del 2020  
 REV. : '01

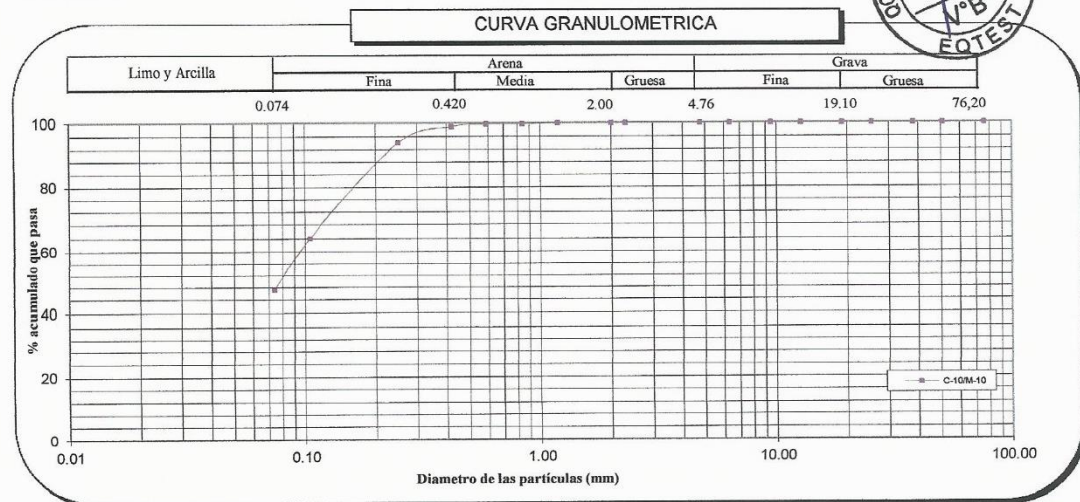
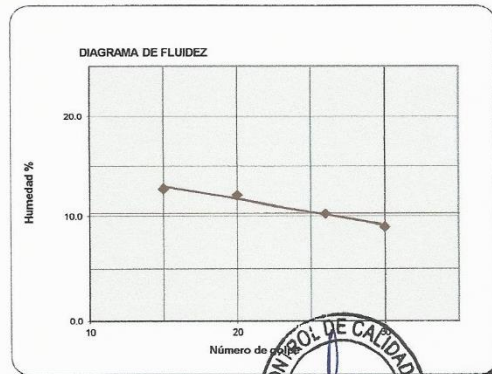
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación			C-10
Muestra			M-10
Profundidad (m)			0.00 - 0.50
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	Nº	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	Nº 4	4.760	100.00
	Nº 8	2.300	100.00
	Nº 10	2.000	100.00
	Nº 16	1.190	100.00
	Nº 20	0.840	99.70
	Nº 30	0.590	99.70
	Nº 40	0.420	99.01
	Nº 50	0.297	99.01
	Nº 60	0.250	94.20
	Nº 80	0.177	94.20
	Nº 100	0.149	94.20
	Nº 140	0.105	64.11
	Nº 200	0.074	47.29
Contenido de Humedad (%)			13.70
Límite Líquido ( LL ) (%)			10.32
Límite Plástico ( LP ) (%)			NP
Índice Plástico ( IP ) (%)			NP
Clasificación ( S.U.C.S. )			SM
Clasificación ( AASHTO )			A-4
Índice de Grupo			2

Nombre de grupo Arena limosa

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
TAMAÑO MAX. :	Nº 16
PESO TOTAL :	668.3
FRACC. <#4 :	
DENSIDAD MAX. :	
K :	

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	52.71
	AM%	0.99	
	AF%	51.72	
% Finos			47.29



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

*Eder Quispe Isidro*  
 A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



PROYECTO : TESIS: EDER QUISPE ISIDRO. "ANALISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN -  
SOLICITADO : BACH. Eder Quispe Isidro  
UBICACIÓN : CERRO LINDO - CHAVIN

ARCHIVO N°: C-11 M-11  
REALIZADO : E.Q.I  
FECHA : Diciembre del 2020  
REV. : 01

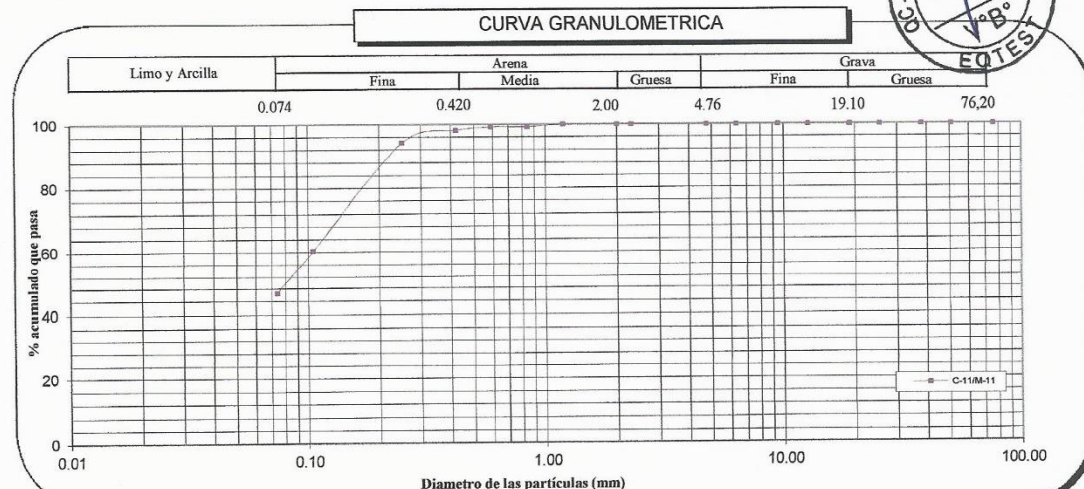
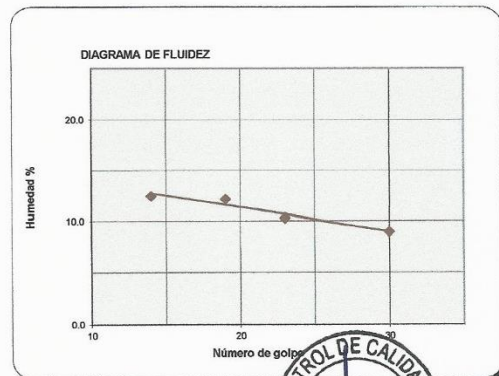
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata y/o Ubicación		C-11	
Muestra		M-11	
Profundidad (m)		0.00 - 0.40	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		% que pasa
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	N° 4	4.760	100.00
	N° 8	2.300	100.00
	N° 10	2.000	100.00
	N° 16	1.190	100.00
	N° 20	0.840	99.22
	N° 30	0.590	99.22
	N° 40	0.420	98.15
	N° 50	0.297	98.15
	N° 60	0.250	94.26
	N° 80	0.177	94.26
	N° 100	0.149	94.26
	N° 140	0.105	60.46
	N° 200	0.074	46.67
Contenido de Humedad		(%) 11.00	
Límite Líquido ( LL )		(%) 10.04	
Límite Plástico ( LP )		(%) NP	
Índice Plástico ( IP )		(%) NP	
Clasificación ( S.U.C.S. )		SM	
Clasificación ( AASHTO )		A-4	
Índice de Grupo		2	

Nombre de grupo Arena limosa

DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
TAMAÑO MAX. :	N° 16
PESO TOTAL :	901.0
FRACC. <#4 :	
DENSIDAD MAX. :	
K :	

% Grava	GG%	0.00	0.00
	GF%	0.00	
% Arena	AG%	0.00	53.33
	AM%	1.85	
	AF%	51.48	
% Finos			46.67



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

LOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliete:	#REF!	Muestra N°:				M-2	
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO E	Muestreado en:				Check Dam	
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:				E. QUISPE I.	
Material:	RELAVE FILTRADO - Arena Limosa Mal Gradada (SM)	Ensayado por:				E. QUISPE I.	
Solicitante:	Bach. Eder M. Quispe Isidro	Fecha de Ensayo:				Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas				Norte	Este
Cota:	0					0	0
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua		2	4	6	8	C	
Suelo Húmedo + Molde (g)		6700	6780	6985	6830	Molde N° Ø	
Peso del Molde (g)		3800	3800	3800	3800	4"	
Suelo Húmedo (g)		2900	2980	3185	3030	Número de Capas	
Volúmen del Molde (cm³)		937.08	937.08	937.08	937.08	5	
Densidad Húmeda (g/cm³)		3.095	3.180	3.399	3.233	Número de Golpes	
						25	
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente		T-03	T-06	T-4	T-01	Material Grosso > N° 4 :	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)		145.2	175.3	151.2	151.2	Arena	
Recipiente + Suelo Seco (g)		142.3	170.0	144.3	142.8	Limos	
Peso de Recipiente (g)		30.9	32.3	28.8	31.6	Gravedad de los solidos	
Peso de Agua (g)		2.9	5.4	6.8	8.4	4.03	
Peso Suelo Seco (g)		111.4	137.6	115.6	111.2	Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)		2.6	3.9	5.9	7.5	Temperatura de Secado	
Densidad Seca (g/cm³)		3.017	3.061	3.210	3.007	110.0	
						Método de Compactación	
						manual	
RESUMEN DE ENSAYOS							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.080			Óptimo Contenido de Humedad	5.7		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			
CARLOS A. CORNEJO QUISPE							
INGENIERO CIVIL							
CIP. 108787							



**PROCTOR MODIFICADO**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

**DATOS DE LA MUESTRA**

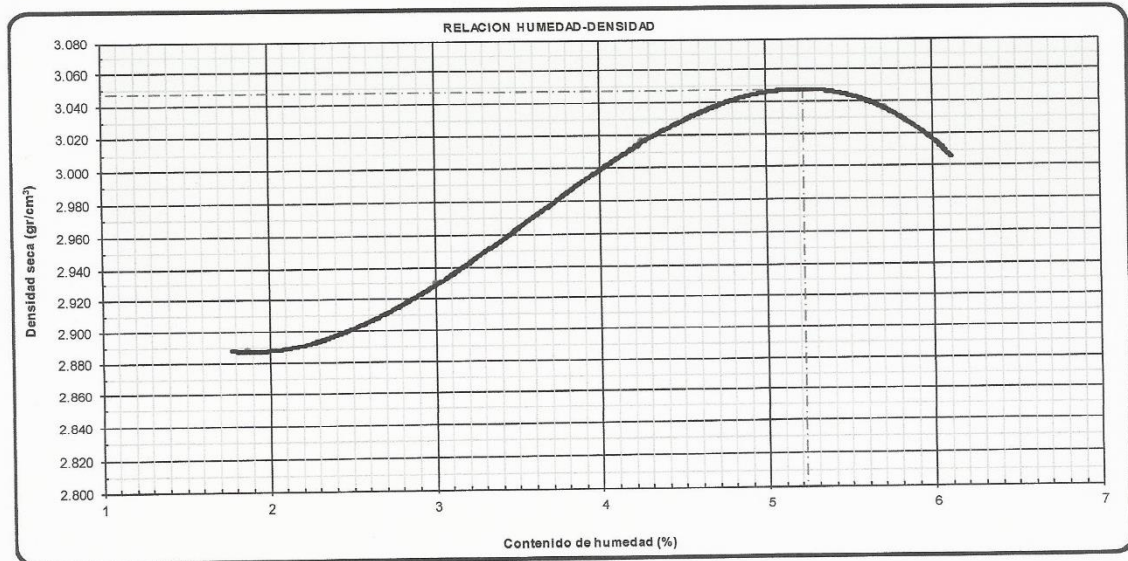
PROYECTO **PROYECTO CERRO LINDO - MILPO**

MUESTRA **M-01**

METODO: **B**

FECHA: **24/05/2019**

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		25	25	25	25	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	8453	8610	8868	9002	
Peso molde + base	gr.	2424	2424	2424	2424	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	6029	6186	6444	6578	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2050	2050	2050	2050	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.941	3.018	3.144	3.209	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-14	Tc-29	Tc-102	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	380.9	344.9	343.4	330.8	
Peso del suelo seco + tara	gr.	374.6	335.9	330.9	314.9	
Peso de Tara	gr.	38.0	37.1	37.0	36.5	
Peso de agua	gr.	6.3	9.0	12.5	15.9	
Peso del suelo seco	gr.	336.6	298.8	293.9	278.4	
Contenido de agua	%	1.9	3.0	4.3	5.7	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.887	2.929	3.015	3.036	
				Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )		3.048
				Humedad óptima (%)		5.2



Observaciones: \_\_\_\_\_

  
**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 106787**

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
						Revisión : 0	
						Fecha : 15-06-18	
Solicitante:	#REF!	Muestra N°:				M-1	
Proyecto	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO E	Muestreado en:				Check Dam	
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:				E. QUISPE I.	
Material:	RELAVE FILTRADO - Arena Limosa Mal Gradada (SM)	Ensayado por:				E. QUISPE I.	
Tramo:		Fecha de Ensayo:				Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas				Norte	Este
Cota:	0					0	0
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua		2	4	6	8	10	
Suelo Húmedo + Molde (g)		6700	6780	6985	6830	6790	
Peso del Molde (g)		3800	3800	3800	3800	3800	
Suelo Húmedo (g)		2900	2980	3185	3030	2990	
Volumen del Molde (cm³)		937.08	937.08	937.08	937.08	937.08	
Densidad Húmeda (g/cm³)		3.095	3.180	3.399	3.233	3.191	
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente		T-03	T-06	T-4	T-01	T-04	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)		145.2	175.3	151.2	151.2	137.1	
Recipiente + Suelo Seco (g)		142.3	170.0	144.3	142.8	129.1	
Peso de Recipiente (g)		30.9	32.3	28.8	31.6	31.5	
Peso de Agua (g)		2.9	5.4	6.8	8.4	8.0	
Peso Suelo Seco (g)		111.4	137.6	115.6	111.2	97.6	
Contenido de Humedad (%)		2.6	3.9	5.9	7.5	8.2	
Densidad Seca (g/cm³)		3.017	3.061	3.210	3.007	2.949	
						Otros Datos	
						Temperatura de Secado	110.0
						Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.172			Óptimo Contenido de Humedad	6.0		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			

**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 100787



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5 Revisión : 0 Fecha : 15-06-18	
Cliente:	#REF!	Muestra N°:	M-2				
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO E	Muestreado en:	Check Dam				
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:	E. QUISPE I.				
Material:	RELAVE FILTRADO - Arena Limosa Mal Gradada (SM)	Ensayado por:	E. QUISPE I.				
Solicitante:		Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020				
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas	Norte	Este			
Cota:	0		0	0			
Datos del Ensayo	1	2	3	4	5	Método	
Porcentaje de Agua	2	4	6	8	10	Molde N° Ø	
Suelo Húmedo + Molde (g)	8453	8610	8868	9002	8950	Número de Capas	
Peso del Molde (g)	2424	2424	2424	2424	2424	Número de Golpes	
Suelo Húmedo (g)	6029	6186	6444	6578	6526	ENSAYO DE TALLA	
Volúmen del Molde (cm³)	2050	2050	2050	2050	2050		
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.941	3.018	3.143	3.209	3.183		
Ensayo Humedad ASTM D 2216	1	2	3	4	5	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-03	T-06	T-4	T-01	T-04	Material Grueso > N° 4 :	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	380.9	344.9	343.4	330.8	330.8	Arena	
Recipiente + Suelo Seco (g)	374.6	335.9	330.9	314.9	310.0	Limos	
Peso de Recipiente (g)	38.0	37.1	37.0	36.5	37.0		
Peso de Agua (g)	6.3	9.0	12.5	15.9	20.8		
Peso Suelo Seco (g)	336.6	298.8	293.9	278.4	273.0	Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)	1.9	3.0	4.3	5.7	7.6	Temperatura de Secado	
Densidad Seca (g/cm³)	2.887	2.929	3.015	3.035	2.958	Método de Compactación	
						110.0	
						manual	
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.042			Óptimo Contenido de Humedad	5.4		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			

  
**EDER A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliente:	#REF!	Muestra N°:	M-3				
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO E	Muestreado en:	Check Dam				
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:	E. QUISPE I.				
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO	Ensayado por:	E. QUISPE I.				
Solicitante:	Bach. Eder M. Quispe Isidro	Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020				
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas	Norte	Este			
Cota:	0		0	0			
Datos del Ensayo	1	2	3	4	Método		
Porcentaje de Agua	2	4	6	8	10	Molde N° Ø	
Suelo Húmedo + Molde (g)	8453	8610	8868	9002	8950	Número de Capas	
Peso del Molde (g)	2424	2424	2424	2424	2424	Número de Golpes	
Suelo Húmedo (g)	6029	6186	6444	6578	6526		
Volúmen del Molde (cm³)	2050	2050	2050	2050	2050		
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.941	3.018	3.143	3.209	3.183		
Ensayo Humedad ASTM D 2216	1	2	3	4	Datos de la Granulometría		
N° de Recipiente	T-05	T-010	T-2	T-07	T-8	Material Grueso > N° 4 :	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	381.0	344.8	340.0	329.4	330.2	Arena	
Recipiente + Suelo Seco (g)	374.6	335.9	330.9	314.9	310.0	Limos	
Peso de Recipiente (g)	38.0	37.1	37.0	36.5	37.0		
Peso de Agua (g)	6.4	8.9	9.1	14.5	20.2		
Peso Suelo Seco (g)	336.6	298.8	293.9	278.4	273.0	Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)	1.90	2.98	3.1	5.2	7.4	Temperatura de Secado	110.0
Densidad Seca (g/cm³)	2.886	2.930	3.049	3.050	2.964	Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.042			Óptimo Contenido de Humedad	5.2		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliente:	#REF!	Muestra N°:	M-4				
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO E	Muestreado en:	Check Dam				
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:	E. QUISPE I.				
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO	Ensayado por:	E. QUISPE I.				
Solicitante:	Bach. Eder M. Quispe Isidro	Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020				
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas	Norte	Este			
Cota:	0		0	0			
Datos del Ensayo	1	2	3	4	Método		
Porcentaje de Agua	2	4	6	8	10		
Suelo Húmedo + Molde (g)	8258	8542.834834	9021	8856			
Peso del Molde (g)	2424	2424	2424	2424			
Suelo Húmedo (g)	5834	6118.834834	6597	6432			
Volumen del Molde (cm³)	2050	2050	2050	2050			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.846	2.985	3.218	3.138			
Ensayo Humedad ASTM D 2216	1	2	3	4	Datos de la Granulometría		
N° de Recipiente	T-05	T-010	T-2	T-07	Material Grueso > N° 4 :		
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	380.9	344.9	343.4	330.8	Arena		
Recipiente + Suelo Seco (g)	374.6	335.9	330.9	314.9	Limos		
Peso de Recipiente (g)	59.6	110.9	129.3	121.0	Gravedad de los sólidos		
Peso de Agua (g)	6.3	9.0	12.5	15.9	4.0		
Peso Suelo Seco (g)	315.0	225.0	201.6	193.9	Otros Datos		
Contenido de Humedad (%)	2.0	4.0	6.2	8.2	Temperatura de Secado		
Densidad Seca (g/cm³)	2.790	2.870	3.030	2.900	Método de Compactación		
					manual		
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.036		gm/cm³	Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.6 %		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			

  
 CARLOS E. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
		Revisión : 0				Fecha : 15-06-18	
Cliente:	#REF!	Muestra N°:				M-5	
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO DE	Muestreado en:				Check Dam	
N° Proyecto:	CERRO LINDO	Muestreado por:				E. QUISPE I.	
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO	Ensayado por:				E. QUISPE I.	
Solicitante:	Bach. Eder M. Quispe Isidro	Fecha de Ensayo:				Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Coordenadas				Norte	Este
Cota:	0					0	0
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua	2	4	6	8	10	C	
Suelo Húmedo + Molde (g)	8270	8561	8955	8918		Molde N° Ø	
Peso del Molde (g)	2424	2424	2424	2424		6"	
Suelo Húmedo (g)	5846	6137	6531	6494		Número de Capas	
Volúmen del Molde (cm³)	2050	2050	2050	2050		5	
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.852	2.994	3.186	3.168		Número de Golpes	
						25	
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-04	T-010	T-3	T-06		Material Grueso > N° 4 :	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	382.0	344.7	343.0	331.0		Arena	
Recipiente + Suelo Seco (g)	374.6	335.9	330.9	314.9		Limos	
Peso de Recipiente (g)	59.5	110.8	129.2	121.0		Gravedad de los solidos	
Peso de Agua (g)	7.4	8.8	12.1	16.1		4.03	
Peso Suelo Seco (g)	315.1	225.1	201.7	193.9		Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)	2.3	3.9	6.0	8.3		Temperatura de Secado	
Densidad Seca (g/cm³)	2.786	2.881	3.006	2.925		110.0	
						Método de Compactación	
						manual	
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	3.016		gm/cm³	Óptimo Contenido de Humedad (%)		6.6 %	
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			

  
**CARLOS A. TORNEJO QUISPE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 108787**



**Métodos de prueba estándar para la gravedad específica de sólidos del suelo mediante picnómetro de agua ASTM D854-14**

Golder Associates Perú S.A.  
Laboratorio Lima  
Av. Pedro Huilca S.N. Mz.4 Lote 1  
Villa El Salvador, Lima  
Teléfono: +51 (01) 6101705  
LaboratorioLima@golder.com  
www.golder.com

N° Proyecto : 1994159909 N° Solicitud: LGGA-SE19-031 ID. Muestra: HE1469  
Proyecto : Ensayos en muestras de relave Sondaje : Relave  
Cliente : Nexa Resources Perú S.A.A. Muestra : -  
Solicitante : Ing. Ezio Vizcardo Profundidad : -  
Ubicación : Lima Cota : -

**REPORTE DE ENSAYO**

Método : B Estado : Disturbado  
Acumulado que pasa el tamiz N°4 : - Material excluido : -

**Datos del Ensayo**

Fecha recepción de muestra: 18/09/2019 Fecha ejecución ensayo: 25/09/2019 Fecha de reporte: 11/10/2019

Número de fiola		Fiola 16	Fiola E	Promedio
Peso de tara	(g)	107.06	109.77	
Peso tara + muestra seca	(g)	157.27	159.96	
Peso de la muestra seca	(g)	50.21	50.19	
Peso del picnómetro lleno de agua	(g)	356.56	359.63	
Peso del picnómetro+muestra+agua hasta el enrase	(g)	394.29	397.36	
Coefficiente de temperatura (K)		1.00054	1.00054	
Gravedad específica a 20°C	Gs	4.026	4.032	4.03
Temperatura del agua	C°	17.2	17.2	

Observaciones:

Ejecutado Por: Tec. Jhonatan Huisa Revisado Por: Ing. José Castro

  
CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787

EQTEST		Contenido de Humedad - Suelos ASTM D 2216										SGC.SIG.PC.0003 - F3			
												Revisión : 0			
												Fecha : 15-06-16			
Cliente:		TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.										Muestra N°:		00/01/1900	
Proyecto:												Muestreado en:			
Unidad Minera:		CERRO LINDO										Muestreado por:		Filtro de Relaves	
Material:		RELAVES FILTRADOS (EN PLATAFORMADO)										Ensayado por:		E. QUISPE I.	
Material:		RESUMEN DE HUMEDADES DE RELVES FILTRADOS										Fecha de Ensayo:			
Cota:		0										Coordenadas:		Norte 0	
Condiciones de Secado:		Horno Termostático										Temperatura de Secado:		110 °C ± 2 °C	
$\text{Fórmula de Cálculo: } w = \frac{(M_{\text{HMS}} - M_{\text{CS}})}{(M_{\text{CS}} - M_{\text{C}})} \times 100$															
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													
Numero de Prueba															
N° de Recipiente (Tara)															
Peso Tara + Muestra Húmeda															
Peso Tara + Muestra Seca															
Peso de la Tara															
Peso de la Muestra Seca															
Peso del Agua															
Contenido de Humedad															
Promedio															
Observaciones :		Ubicación :													



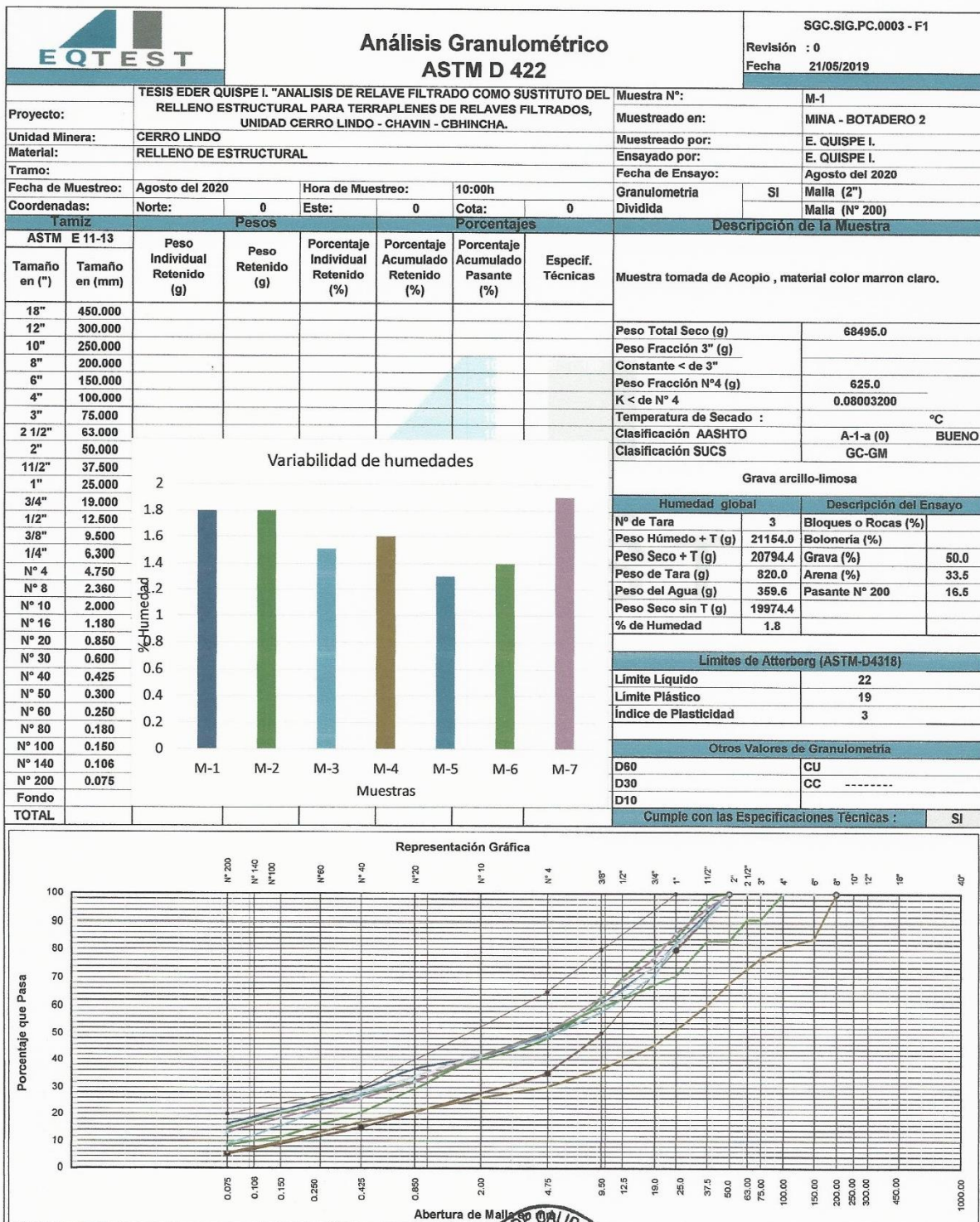


REGISTRO  
AREA DE CALIDAD  
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO  
(CONO DE ARENA - ASTM D-1556)

PROYECTO: TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINC N° CORRELATIVO:  
CLIENTE: Bach. Eder M. Quispe Isidro FECHA: Diciembre del 20  
ESTRUCTURA / FRETE: NUEVO FILTRO DE RELAVES AREA: PROYECTOS  
FASE / ELEMENTO / SECTOR: RELLENO POR CAPAS DE 0.30 m PLANO / ESPE

DATOS DEL MATERIAL: RELAVES FILTRADO																Cantera: DEPOSITO DE RELAVES CHECK DAM															
Ubicación:		Tramo:		Material:																											
DENSIDAD HUMIDA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33
N° de ensayo	N° Capa																														
Fecha del ensayo	Espesor de capa																														
01-Peso de la Arena + Frasco	02-Peso de la Arena Remanente + Frasco	03-Peso de la Arena en Cono + Plato	04-Peso de la arena en el Hoyo (1-2-3)	05-Peso de arena Empleada (1-2)	06-Densidad de la arena	07-Volumen del Hoyo (46)	08-Peso del recipiente + suelo + grava	09-Peso del recipiente	10-Peso del suelo + grava (6-9)	11-Peso retenido en la malla 3/4"	12-Peso específico de la grava	13-Volumen de la grava (11/12)	14-Peso pasante tamiz 3/4" (10-11)	15-Volumen de la pasante tamiz 3/4" (7-13)	11-Densidad Humida (10/7)	12-Peso recipiente + suelo húmedo	13-Peso recipiente + suelo seco	14-Peso de agua (12-13)	15-Peso de recipiente	16-Peso de suelo seco (13-15)	17-Contenido de humedad (14/16)*100	18-Densidad húmeda (=11)	19-Contenido de humedad (=17)	20-Densidad seca (18/(1-19/100))	21-Maxima densidad seca (Proctor)	22-Optimo contenido de humedad (Proctor)	23-Grado de compactación (20/21)*100	24-Grado de compactación especificado			
grs	grs	grs	grs	grs	grs	gr/cm³	grs	grs	grs	grs	gr/cm³	cm³	grs	cm³	gr/cm³	grs	grs	grs	grs	%	gr/cm³	%	gr/cm³	gr/cm³	%	%	%	%	%	%	
1	0.30	23-01-19	5,818.0	1,660.0	1,691.0	2,365.0	4,056.0	1.5	#####	5,065.0	0.0	5,065.0	0.0	5,065.0	0.0	5,065.0	100.0	5.7	0	100.0	5.7%	3.18	5.7%	3.01	3.05	6.2%	98.6%	95.0%			
2	0.30		6,683.0	2,226.0	1,691.0	2,666.0	4,357.0	1.5	#####	5,828.0	0.0	5,828.0	0.0	5,828.0	0.0	5,828.0	100.0	6.2	0	100.0	6.2%	3.13	6.2%	2.95	3.05	6.2%	96.7%	95.0%			
3	0.30		6,682.0	2,864.0	1,691.0	2,037.0	3,728.0	1.5	#####	4,311.0	0.0	4,311.0	0.0	4,311.0	0.0	4,311.0	100.0	6.8	0	100.0	6.8%	3.14	6.8%	2.94	3.05	6.2%	96.4%	95.0%			
4	0.30		6,525.0	2,286.0	1,691.0	2,578.0	4,269.0	1.5	#####	5,489.0	0.0	5,489.0	0.0	5,489.0	0.0	5,489.0	100.0	4.5	0	100.0	4.5%	3.15	4.5%	3.01	3.05	6.2%	96.8%	95.0%			
5	0.30		6,510.0	2,673.0	1,691.0	2,246.0	3,937.0	1.5	#####	4,643.0	0.0	4,643.0	0.0	4,643.0	0.0	4,643.0	100.0	5.1	0	100.0	5.1%	3.07	5.1%	2.92	3.05	6.2%	95.7%	95.0%			
6	0.30		6,499.0	2,196.0	1,691.0	2,613.0	4,304.0	1.5	#####	5,528.0	0.0	5,528.0	0.0	5,528.0	0.0	5,528.0	100.0	5.3	0	100.0	5.3%	3.14	5.3%	2.98	3.05	6.2%	97.8%	95.0%			
7	0.30		6,492.0	2,224.0	1,691.0	2,577.0	4,268.0	1.5	#####	5,359.0	0.0	5,359.0	0.0	5,359.0	0.0	5,359.0	100.0	5.9	0	100.0	5.9%	3.09	5.9%	2.91	3.05	6.2%	95.5%	95.0%			
8	0.30		6,477.0	2,100.0	1,691.0	2,688.0	4,377.0	1.5	#####	5,719.0	0.0	5,719.0	0.0	5,719.0	0.0	5,719.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.16	6.1%	2.98	3.05	6.2%	97.6%	95.0%			
9	0.30		6,478.0	2,114.0	1,691.0	2,673.0	4,364.0	1.5	#####	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	5,670.0	0.0	5,670.0	100.0	6.5	0	100.0	6.5%	3.15	6.5%	2.96	3.05	6.2%	96.9%	95.0%			
10	0.30		6,440.0	1,637.0	1,691.0	3,112.0	4,803.0	1.5	#####	6,428.0	0.0	6,428.0	0.0	6,428.0	0.0	6,428.0	100.0	5.6	0	100.0	5.6%	3.07	5.6%	2.90	3.05	6.2%	95.2%	95.0%			
11	0.30		6,443.0	1,962.0	1,691.0	2,790.0	4,481.0	1.5	#####	5,820.0	0.0	5,820.0	0.0	5,820.0	0.0	5,820.0	100.0	6.3	0	100.0	6.3%	3.10	6.3%	2.91	3.05	6.2%	95.5%	95.0%			
12	0.30		6,428.0	1,798.0	1,691.0	2,939.0	4,630.0	1.5	#####	6,028.0	0.0	6,028.0	0.0	6,028.0	0.0	6,028.0	100.0	5.0	0	100.0	5.0%	3.04	5.0%	2.90	3.05	6.2%	95.0%	95.0%			
13	0.30		6,284.0	1,885.0	1,691.0	2,716.0	4,409.0	1.5	#####	5,855.0	0.0	5,855.0	0.0	5,855.0	0.0	5,855.0	100.0	6.9	0	100.0	6.9%	3.20	6.9%	3.00	3.05	6.2%	98.2%	95.0%			
14	0.30		6,293.0	1,876.0	1,691.0	2,727.0	4,418.0	1.5	#####	5,877.0	0.0	5,877.0	0.0	5,877.0	0.0	5,877.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.20	6.1%	3.01	3.05	6.2%	98.8%	95.0%			
15	0.30		6,473.0	2,068.0	1,691.0	2,724.0	4,415.0	1.5	#####	5,617.0	0.0	5,617.0	0.0	5,617.0	0.0	5,617.0	100.0	5.2	0	100.0	5.2%	3.06	5.2%	2.91	3.05	6.2%	95.4%	95.0%			
16	0.30		6,481.0	2,177.0	1,691.0	2,593.0	4,284.0	1.5	#####	5,451.0	0.0	5,451.0	0.0	5,451.0	0.0	5,451.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.12	6.1%	2.94	3.05	6.2%	96.4%	95.0%			
17	0.30		6,346.0	1,890.0	1,691.0	2,965.0	4,656.0	1.5	#####	6,239.0	0.0	6,239.0	0.0	6,239.0	0.0	6,239.0	100.0	7.0	0	100.0	7.0%	3.12	7.0%	2.92	3.05	6.2%	95.7%	95.0%			
18	0.30		6,337.0	1,650.0	1,691.0	2,996.0	4,687.0	1.5	#####	6,389.0	0.0	6,389.0	0.0	6,389.0	0.0	6,389.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.16	6.1%	2.98	3.05	6.2%	97.8%	95.0%			
19	0.30		6,681.0	1,832.0	1,691.0	3,158.0	4,849.0	1.5	#####	6,740.0	0.0	6,740.0	0.0	6,740.0	0.0	6,740.0	100.0	6.6	0	100.0	6.6%	3.17	6.6%	2.97	3.05	6.2%	97.4%	95.0%			
20	0.30		6,671.0	1,755.0	1,691.0	3,225.0	4,916.0	1.5	#####	6,783.0	0.0	6,783.0	0.0	6,783.0	0.0	6,783.0	100.0	5.8	0	100.0	5.8%	3.12	5.8%	2.95	3.05	6.2%	96.7%	95.0%			
21	0.30		6,681.0	1,800.0	1,691.0	3,170.0	4,861.0	1.5	#####	6,808.0	0.0	6,808.0	0.0	6,808.0	0.0	6,808.0	100.0	5.5	0	100.0	5.5%	3.09	5.5%	2.93	3.05	6.2%	96.1%	95.0%			
22	0.30		6,619.0	2,175.0	1,691.0	2,753.0	4,444.0	1.5	#####	5,908.0	0.0	5,908.0	0.0	5,908.0	0.0	5,908.0	100.0	6.5	0	100.0	6.5%	3.18	6.5%	2.99	3.05	6.2%	98.0%	95.0%			
23	0.30		6,619.0	2,175.0	1,691.0	2,753.0	4,444.0	1.5	#####	5,908.0	0.0	5,908.0	0.0	5,908.0	0.0	5,908.0	100.0	6.5	0	100.0	6.5%	3.18	6.5%	2.99	3.05	6.2%	98.0%	95.0%			
24	0.30		6,614.0	1,816.0	1,691.0	3,107.0	4,796.0	1.5	#####	6,714.0	0.0	6,714.0	0.0	6,714.0	0.0	6,714.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.21	6.1%	3.02	3.05	6.2%	99.1%	95.0%			
25	0.30		6,684.0	1,660.0	1,691.0	3,243.0	4,934.0	1.5	#####	6,747.0	0.0	6,747.0	0.0	6,747.0	0.0	6,747.0	100.0	5.8	0	100.0	5.8%	3.09	5.8%	2.92	3.05	6.2%	95.7%	95.0%			
26	0.30		6,649.0	777.0	1,691.0	4,081.0	5,772.0	1.5	#####	8,721.0	0.0	8,721.0	0.0	8,721.0	0.0	8,721.0	100.0	5.7	0	100.0	5.7%	3.17	5.7%	3.00	3.05	6.2%	98.4%	95.0%			
27	0.30		6,636.0	1,327.0	1,691.0	3,517.0	5,208.0	1.5	#####	7,241.0	0.0	7,241.0	0.0	7,241.0	0.0	7,241.0	100.0	4.3	0	100.0	4.3%	3.06	4.3%	2.93	3.05	6.2%	96.0%	95.0%			
28	0.30		6,371.0	637.0	1,691.0	4,043.0	5,734.0	1.5	#####	8,563.0	0.0	8,563.0	0.0	8,563.0	0.0	8,563.0	100.0	6.1	0	100.0	6.1%	3.14	6.1%	2.96	3.05	6.2%	97.1%	95.0%			
29	0.30		6,341.0	1,213.0	1,691.0	3,437.0	5,128.0	1.5	#####	7,096.0	0.0	7,096.0	0.0	7,096.0	0.0	7,096.0	100.0	5.3	0	100.0	5.3%	3.06	5.3%	2.91	3.05	6.2%	95.4%	95.0%			
30	0.30		6,580.0	1,790.0	1,691.0	3,069.0	4,790.0	1.5	#####	6,589.0	0.0	6,589.0	0.0	6,589.0	0.0	6,589.0	100.0	6.4	0	100.0	6.4%	3.16	6.4%	2.97	3.05	6.2%	97.2%	95.0%			
31	0.30		6,306.0	629.0	1,691.0	3,988.0	5,679.0	1.5	#####	8,431.0	0.0	8,431.0	0.0	8,431.0	0.0	8,431.0	100.0	6.7	0	100.0	6.7%	3.14	6.7%	2.94	3.05	6.2%	96.4%	95.0%			
32	0.30		6,712.0	2,196.0	1,691.0	2,625.0	4,516.0	1.5	#####	6,041.0	0.0	6,041.0	0.0	6,041.0	0.0	6,041.0	100.0	7.0	0	100.0	7.0%	3.17	7.0%	2.97	3.05	6.2%	97.2%	95.0%			
33	0.30		6,697.0	2,124.0	1,691.0	2,682.0	4,573.0	1.5	#####	6,201.0	0.0	6,201.0	0.0	6,201.0	0.0	6,201.0	100.0	6.4	0	100.0	6.4%	3.19	6.4%	3.00	3.05	6.2%	98.4%	95.0%			
34	0.30		6,668.0	1,200.0	1,691.0	3,777.0	5,468.0	1.5	#####	8,075.0	0.0	8,075.0	0.0	8,075.0	0.0	8,075.0	100.0	5.8	0	100.0	5.8%	3.17	5.8%	3.00	3.05	6.2%	98.3%	95.0%			
35	0.30		6,621.0	2,005.0	1,691.0	2,925.0	4,816.0	1.5	#####	6,227.0	0.0	6,227.0	0.0	6,227.0	0.0	6,227.0	100.0	5.9	0	100.0	5.9%	3.16	5.9%	2.98	3.05	6.2%	97.8%	95.0%			
36	0.30		6,492.0	1,702.0	1,691.0	3,099.0	4,790.0	1.5	#####	6,574.0	0.0	6,5																			



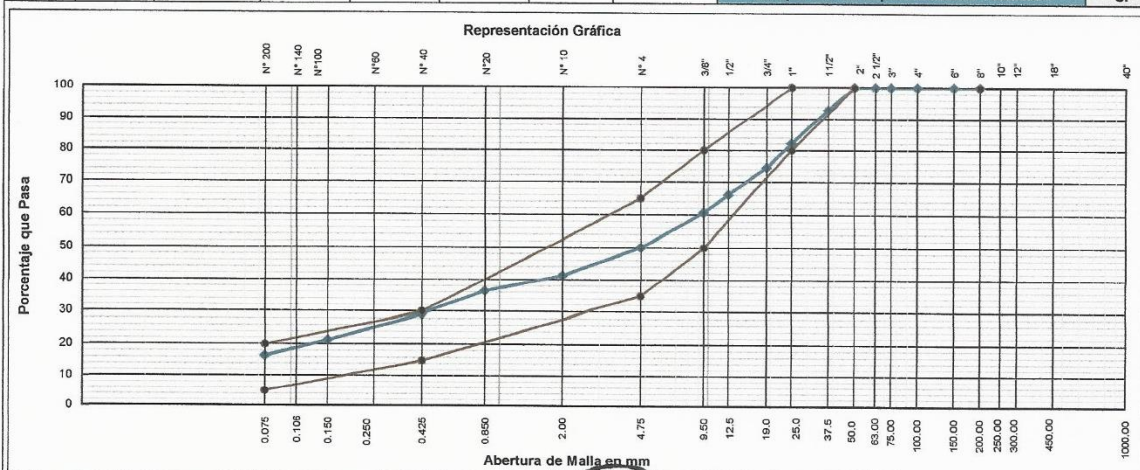


Observaciones:



  
**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 106737

EQTEST		Análisis Granulométrico ASTM D 422				SGC.SIG.PC.0003 - F1 Revisión : 0 Fecha 21/05/2019	
Proyecto:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-1
Unidad Minera:	CERRO LINDO					Muestreado en:	MINA - BOTADERO N° 2
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Ensayado por:	E. QUISPE I.
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020		Hora de Muestreo:	10:00h		Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Coordenadas:	Norte: 0	Este: 0	Cota: 0				
				Granulometría	SI	Malla (2")	
				Dividida		Malla (N° 200)	
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra	
ASTM E 11-13							
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)	Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas (referencial)
18"	450.000						
12"	300.000						
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4"	100.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	37.500	4762.00	4762.00	6.95	6.95	93.05	
1"	25.000	7409.00	12171.00	10.82	17.77	82.23	80 100
3/4"	19.000	5248	17419.00	7.66	25.43	74.57	
1/2"	12.500	5735	23154.00	8.37	33.80	66.20	
3/8"	9.500	3745	26899.00	5.47	39.27	60.73	50 80
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	7337	34236.00	10.71	49.98	50.02	35 65
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	109.0	34345.00	8.72	58.70	41.30	25 50
N° 16	1.180						
N° 20	0.850	60.0	169.0	4.80	63.50	36.50	
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	90.0	259.0	7.20	70.70	29.30	15 30
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	100.0	359.0	8.00	78.70	21.30	
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	60.0	419.0	4.80	83.50	16.50	5 20
Fondo		119.0	538.0	9.52	93.02	6.98	
TOTAL							
Cumple con las Especificaciones Técnicas :							SI



Observaciones:



CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

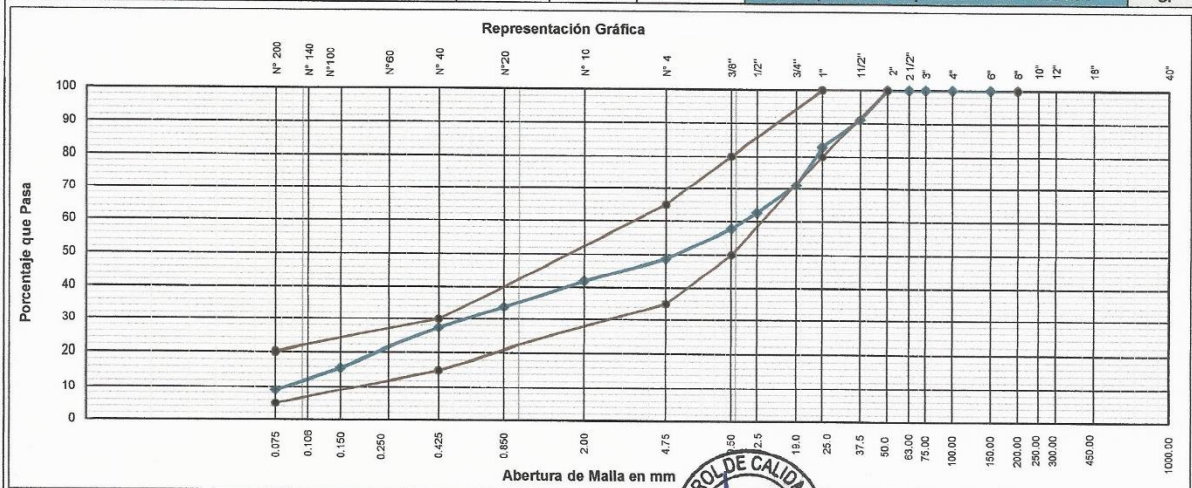


EQTEST		Análisis Granulométrico ASTM D 422				SGC.SIG.PC.0003 - F1 Revisión : 0 Fecha 21/05/2019	
Cliente:		TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.				Muestra N°:	
Proyecto:		CERRO LINDO				Muestreado en:	
Unidad Minera:		RELLENO DE CARPETA RODADO				Muestreado por:	
Material:		Agosto del 2020				Ensayado por:	
Tramo:		Agosto del 2020				Fecha de Ensayo:	
Fecha de Muestreo:		Norte: 0		Este: 0		Cota: 0	
Coordenadas:		Granulometría		SI		Malla (2")	
		Dividida				Malla (N° 200)	
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra	
ASTM	E 11-13	Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450.000						
12"	300.000						
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4"	100.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000					100.00	100 100
1 1/2"	37.500	252.00	252.00	2.54	2.54	97.46	
1"	25.000	1320.00	1672.00	13.29	15.83	84.17	80 100
3/4"	19.000	353	1925.00	3.55	19.38	80.62	
1/2"	12.500	1048	2973.00	10.55	29.93	70.07	
3/8"	9.500	748	3721.00	7.53	37.46	62.54	50 80
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	1415	5136.00	14.25	51.71	48.29	35 65
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	66.0	5202.00	8.15	59.86	40.14	25 50
N° 16	1.180						
N° 20	0.850	63.0	129.0	7.78	67.64	32.36	
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	43.0	172.0	5.31	72.95	27.05	15 30
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	57.0	229.0	7.04	79.99	20.01	
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	43.0	272.0	5.31	85.30	14.70	5 20
Fondo		119.0	391.0	14.70	100.00	0.00	
TOTAL							
						Cumple con las Especificaciones Técnicas : SI	
<p><b>Grava arcillo-limosa</b></p> <p><b>Humedad global</b></p> <p>N° de Tara: 3 Bloques o Rocas (%)</p> <p>Peso Húmedo + T (g): 21154.0 Bolonería (%)</p> <p>Peso Seco + T (g): 20794.4 Grava (%) 51.7</p> <p>Peso de Tara (g): 820.0 Arena (%) 33.6</p> <p>Peso del Agua (g): 359.6 Pasante N° 200 14.7</p> <p>Peso Seco sin T (g): 19974.4</p> <p>% de Humedad: 1.8</p> <p><b>Límites de Atterberg (ASTM-D4318)</b></p> <p>Límite Líquido: 23</p> <p>Límite Plástico: 19</p> <p>Índice de Plasticidad: 4</p> <p><b>Otros Valores de Granulometría</b></p> <p>D60: CU</p> <p>D30: CC</p> <p>D10: CC</p>							
<p><b>Representación Gráfica</b></p> <p>Observaciones:</p>							



EDER QUISPE I.  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Análisis Granulométrico ASTM D 422				SGC.SIG.PC.0003 - F1 Revisión : 0 Fecha 21/05/2019	
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-3
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
Unidad Minera:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 202
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020	Hora de Muestreo:		10:00h		Granulometría	SI
Coordenadas:	Norte: 0	Este: 0	Cota: 0	Dividida Malla (N° 200)			
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra	
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450.000						
12"	300.000						
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4"	100.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000					100.00	100 100
1 1/2"	37.500	5522.00	5522.00	8.87	8.87	91.13	
1"	25.000	5196.00	10718.00	8.35	17.22	82.78	80 100
3/4"	19.000	7257	17975.00	11.66	28.88	71.12	
1/2"	12.500	5279	23254.00	8.48	37.36	62.64	
3/8"	9.500	3018	26272.00	4.85	42.21	57.79	50 80
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	5635	31907.00	9.05	51.26	48.74	35 65
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	75.0	31982.00	6.86	58.12	41.88	25 50
N° 16	1.180						
N° 20	0.850	88.0	163.0	8.05	66.17	33.83	
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	72.0	235.0	6.58	72.75	27.25	15 30
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	127.0	362.0	11.61	84.36	15.64	
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	73.0	435.0	6.68	91.04	8.96	5 20
Fondo		97.0	532.0	8.87	99.91	0.09	
TOTAL							
Muestra tomada de Acopio, material color marron claro.							
Peso Total Seco (g)							62243.0
Peso Fracción 3" (g)							
Constante < de 3"							
Peso Fracción N°4 (g)							533.0
K < de N° 4							0.09144465
Temperatura de Secado :							°C
Clasificación AASHTO							A-1-a (0) BUENO
Clasificación SUCS							GP GC
Grava mal gradada con arcilla y limo							
Humedad global				Descripción del Ensayo			
N° de Tara	3	Bloques o Rocas (%)					
Peso Húmedo + T (g)	21090.0	Bolonería (%)					
Peso Seco + T (g)	20794.4	Grava (%)		51.3			
Peso de Tara (g)	820.0	Arena (%)		39.8			
Peso del Agua (g)	295.6	Pasante N° 200		9.0			
Peso Seco sin T (g)	19974.4						
% de Humedad	1.5						
Límites de Atterberg (ASTM-D4318)							
Límite Líquido							19
Límite Plástico							15
Índice de Plasticidad							4
Otros Valores de Granulometría							
D60	CU						
D30	CC						
D10							
Cumple con las Especificaciones Técnicas :							SI



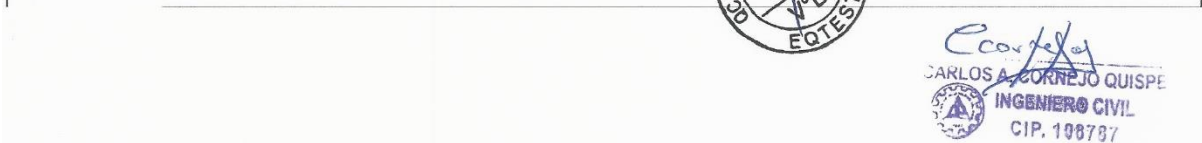
Observaciones:



*Carlos A. Cornejo Quisp.*  
CARLOS A. CORNEJO QUISP.  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108787



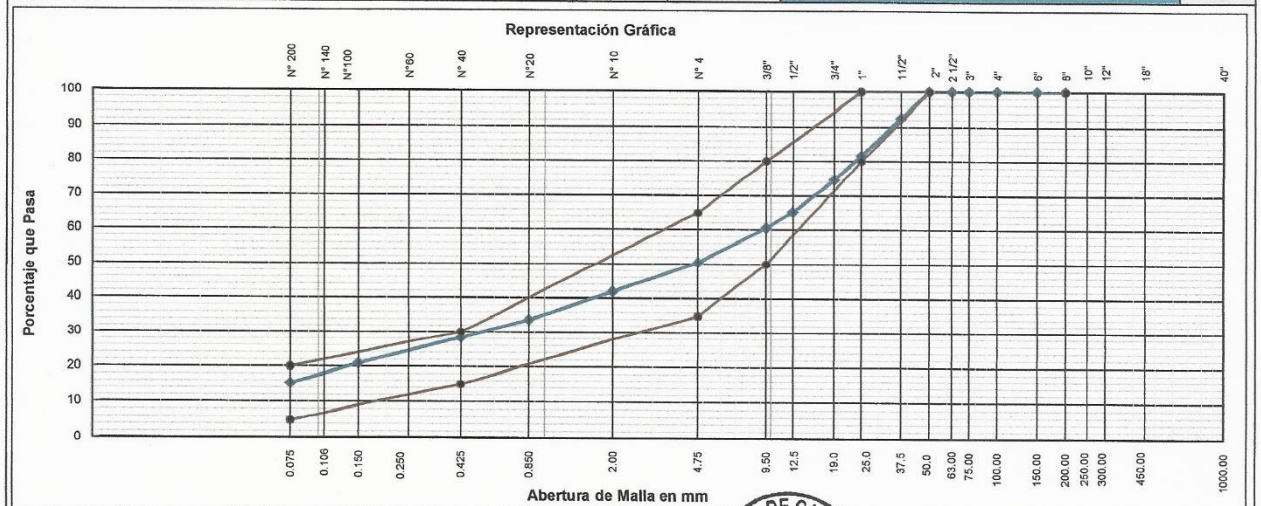
EQTEST		Análisis Granulométrico ASTM D 422				SGC.SIG.PC.0003 - F1	
		Revisión : 0				Fecha 21/05/2019	
Ciente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-1
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
Unidad Minera:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto ddel 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020		Hora de Muestreo:		12:00:00 a.m.	Granulometría	SI Malla (2")
Coordenadas:	Norte:	0	Este:	0	Cota:	0	Dividida Malla (N° 200)
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra	
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						
18"	450.000						
12"	300.000						
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000	14445.00	14445.00	15.79	15.79		
4"	100.000	2912.00	17357.00	3.18	18.97		
3"	75.000	3678.00	21035.00	4.02	22.99		
2 1/2"	63.000	3182.00	24217.00	3.48	26.47		
2"	50.000	5013.00	29230.00	5.48	31.95	68.05	100 100
1 1/2"	37.500	7022.00	36252.00	7.68	39.63	60.37	
1"	25.000	8198.00	44450.00	8.96	48.59	51.41	80 100
3/4"	19.000	5257	49707.00	5.75	54.34	45.66	
1/2"	12.500	5279	54986.00	5.77	60.11	39.89	
3/8"	9.500	3018	58004.00	3.30	63.41	36.59	50 80
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	5635	63639.00	6.16	69.57	30.43	35 65
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	76.0	76.00	4.34	73.91	26.09	25 50
N° 16	1.180						
N° 20	0.850	88.0	164.0	5.02	78.93	21.07	
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	72.0	236.0	4.11	83.04	16.96	15 30
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	127.0	363.0	7.25	90.29	9.71	
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	73.0	436.0	4.17	94.46	5.54	5 20
Fondo		97.0	533.0	5.54	100.00	0.00	
TOTAL							
Muestra tomada de Acopio , material color marron claro.							
Peso Total Seco (g)							91475.0
Peso Fracción 3" (g)							74118.0
Constante < de 3"							0.00103902
Peso Fracción N°4 (g)							533.0
K < de N° 4							0.05709193
Temperatura de Secado :							°C
Clasificación AASHTO							A-1-a (0) BUENO
Clasificación SUCS							GP GC
Grava mal gradada con arcilla y limo							
Humedad global				Descripción del Ensayo			
N° de Tara				3 Bloques o Rocas (%)			
Peso Húmedo + T (g)				21114.0 Bolonería (%)			
Peso Seco + T (g)				20794.4 Grava (%)			
Peso de Tara (g)				820.0 Arena (%)			
Peso del Agua (g)				319.6 Pasante N° 200			
Peso Seco sin T (g)				19974.4			
% de Humedad				1.6			
Límites de Atterberg (ASTM-D4318)							
Límite Líquido				23			
Límite Plástico				19			
Índice de Plasticidad				4			
Otros Valores de Granulometría							
D60				CU			
D30				CC -----			
D10							
Cumple con las Especificaciones Técnicas :							NO



CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 198787



EQTEST		Análisis Granulométrico ASTM D 422				SGC.SIG.PC.0003 - F1 Revisión : 0 Fecha 21/05/2019		
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.				Muestra N°:	M-5		
Proyecto:					Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2		
Unidad Minera:	CERRO LINDO				Muestreado por:	E. QUISPE I.		
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO				Ensayado por:	E. QUISPE I.		
Tramo:					Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020		
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020		Hora de Muestreo:		06:00:00 a.m.		Granulometría	
Coordenadas:	Norte:	0	Este:	0	Cota:	0	Dividida	
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra		
ASTM E 11-13								
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)	Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas	
18"	450.000							
12"	300.000							
10"	250.000							
8"	200.000							
6"	150.000							
4"	100.000							
3"	75.000							
2 1/2"	63.000							
2"	50.000					100.00	100 100	
1 1/2"	37.500	3074.00	3074.00	7.37	7.37	92.63		
1"	25.000	4565.00	7639.00	10.95	18.32	81.68	80 100	
3/4"	19.000	2928	10567.00	7.02	25.34	74.66		
1/2"	12.500	3913	14480.00	9.39	34.73	65.27		
3/8"	9.500	1983	16463.00	4.76	39.49	60.51	50 80	
1/4"	6.300							
N° 4	4.750	4214	20677.00	10.11	49.60	50.40	35 65	
N° 8	2.360							
N° 10	2.000	66.0	66.00	8.51	58.11	41.89	25 50	
N° 16	1.180							
N° 20	0.850	63.0	129.0	8.12	66.23	33.77		
N° 30	0.600							
N° 40	0.425	43.0	172.0	5.54	71.77	28.23	15 30	
N° 50	0.300							
N° 60	0.250							
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	57.0	229.0	7.35	79.12	20.88		
N° 140	0.106							
N° 200	0.075	43.0	272.0	5.54	84.66	15.34	5 20	
Fondo		119.0	391.0	15.34	100.00	0.00		
TOTAL								
Muestra tomada de Acopio, material color marron claro.								
Peso Total Seco (g)							41689.0	
Peso Fracción 3" (g)								
Constante < de 3"								
Peso Fracción N°4 (g)							391.0	
K < de N° 4							0.12890026	
Temperatura de Secado :							°C	
Clasificación AASHTO							A-1-a (0) BUENO	
Clasificación SUCS							GC-GM	
Grava arcillo-limosa								
Humedad global				Descripción del Ensayo				
N° de Tara				2	Bloques o Rocas (%)			
Peso Húmedo + T (g)				21054.1	Bolonería (%)			
Peso Seco + T (g)				20794.4	Grava (%)			
Peso de Tara (g)				820.0	Arenita (%)			
Peso del Agua (g)				259.7	Pasante N° 200			
Peso Seco sin T (g)				19974.4				
% de Humedad				1.3				
Límites de Atterberg (ASTM-D4318)								
Límite Líquido				19				
Límite Plástico				14				
Índice de Plasticidad				5				
Otros Valores de Granulometría								
D60				CU				
D30				CC -----				
D10								
Cumple con las Especificaciones Técnicas :							SI	




Observaciones:




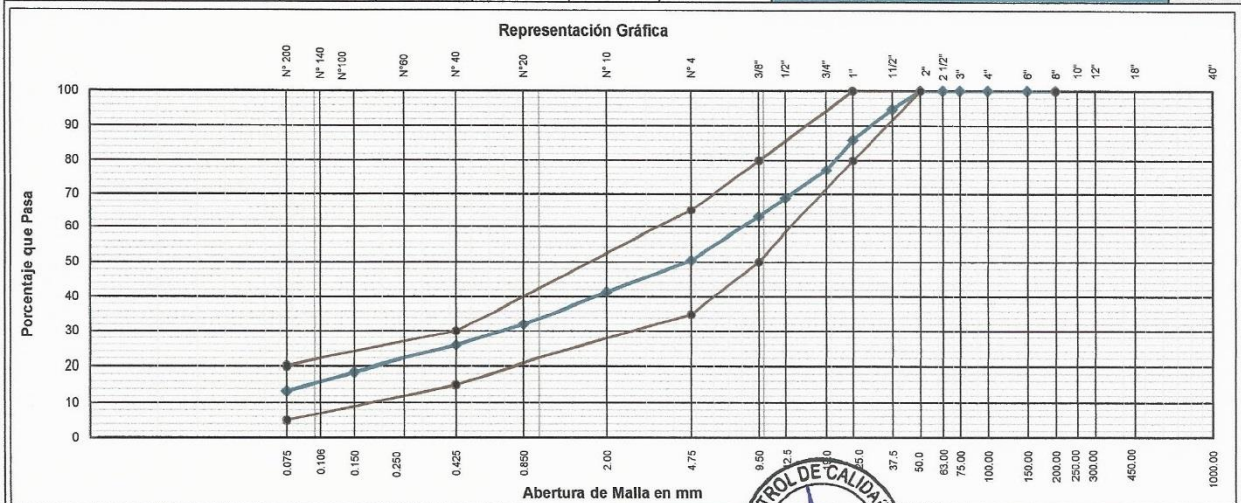
Carlos A. Cornejo Quispe  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 108737



		<b>Análisis Granulométrico</b> <b>ASTM D 422</b>						SGC.SIG.PC.0003 - F1			
								Revisión : 0			
								Fecha 21/05/2019			
Cliente:		TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL						Muestra N°:		M-1	
Proyecto:		RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.						Muestreado en:		MINA - BOTADERO 2	
Unidad Minera:		CERRO LINDO						Muestreado por:		E. QUISPE I.	
Material:		RELLENO ESTRUCTURAL						Ensayado por:		E. QUISPE I.	
Tramo:								Fecha de Ensayo:		Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:		Agosto del 2020		Hora de Muestreo:		11:00h		Granulometría		SI	
Coordenadas:		Norte: 0		Este: 0		Cota: 0		Dividida		Malla (2")	
										Malla (N° 200)	
Tamiz		Pesos				Porcentajes				Descripción de la Muestra	
ASTM E 11-13		Peso Individual Retenido (g)		Porcentaje Individual Retenido (%)		Porcentaje Acumulado Retenido (%)		Porcentaje Acumulado Pasante (%)		Especif. Técnicas	
Tamaño en (")		Tamaño en (mm)									
18"		450.000									
12"		300.000									
10"		250.000									
8"		200.000									
6"		150.000									
4"		100.000									
3"		75.000		4141.00		4141.00		9.12		9.12	
2 1/2"		63.000									
2"		50.000		3449.00		7590.00		7.59		16.71	
1 1/2"		37.500								83.29	
1"		25.000		5675.00		13265.00		12.50		29.21	
3/4"		19.000		1483		14748.00		3.27		32.48	
1/2"		12.500		2269		17037.00		5.04		37.52	
3/8"		9.500		1260		18287.00		2.75		40.27	
1/4"		6.300								59.73	
N° 4		4.750		4123		22410.00		9.08		49.35	
N° 8		2.360								50.65	
N° 10		2.000		50.0		50.00		9.11		58.46	
N° 16		1.180								41.54	
N° 20		0.850		66.0		116.0		12.02		70.48	
N° 30		0.600								29.52	
N° 40		0.425		49.0		165.0		8.93		79.41	
N° 50		0.300								20.59	
N° 60		0.250								15	
N° 80		0.180								30	
N° 100		0.150		49.0		214.0		8.93		88.34	
N° 140		0.106								11.66	
N° 200		0.075		17.0		231.0		3.10		91.44	
Fondo				47.0		278.0		8.56		100.00	
TOTAL										0.00	



		<b>Análisis Granulométrico ASTM D 422</b>				SGC.SIG.PC.0003 - F1	
						Revisión : 0	
						Fecha 21/05/2019	
Cliente:		TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.				Muestra N°:	M-7
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
Unidad Minera:		CERRO LINDO				Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:		RELLENO DE CARPETA RODADO				Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:		Agosto del 2020		Hora de Muestreo:		12:00:00 a.m.	
Coordenadas:		Norte: 0		Este: 0		Cota: 0	
Granulometría Dividida		Si		Malla (2")		Malla (N° 200)	
Tamiz		Pesos		Porcentajes		Descripción de la Muestra	
ASTM E 11-13							
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)	Peso Individual Retenido (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Retenido (%)	Porcentaje Acumulado Pasante (%)	Especif. Técnicas
18"	450.000						
12"	300.000						
10"	250.000						
8"	200.000						
6"	150.000						
4"	100.000						
3"	75.000						
2 1/2"	63.000						
2"	50.000					100.00	100 100
11/2"	37.500	3540.00	3540.00	5.09	5.09	94.91	
1"	25.000	6190.00	9730.00	8.91	14.00	86.00	80 100
3/4"	19.000	6130	15860.00	8.82	22.82	77.18	
1/2"	12.500	5860	21720.00	8.43	31.25	68.75	
3/8"	9.500	3920	25640.00	5.64	36.89	63.11	50 80
1/4"	6.300						
N° 4	4.750	8810	34450.00	12.68	49.57	50.43	35 65
N° 8	2.360						
N° 10	2.000	105.2	105.20	9.12	58.69	41.31	25 50
N° 16	1.180						
N° 20	0.850	107.8	213.0	9.34	68.03	31.97	
N° 30	0.600						
N° 40	0.425	71.5	284.5	6.20	74.23	25.77	15 30
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150	84.0	368.5	7.28	81.51	18.49	
N° 140	0.106						
N° 200	0.075	59.6	428.1	5.16	86.67	13.33	5 20
Fondo		153.8	581.9	13.33	100.00	0.00	
TOTAL							
						Cumple con las Especificaciones Técnicas :	
						SI	
						Grava arcillo-limosa	
						Humedad global	
						Descripción del Ensayo	
						N° de Tara	
						2	
						Bloques o Rocas (%)	
						Bolonería (%)	
						Grava (%)	
						49.6	
						Arenas (%)	
						37.1	
						Pasante N° 200	
						13.3	
						Límites de Atterberg (ASTM-D4318)	
						Límite Líquido	
						23	
						Límite Plástico	
						18	
						Índice de Plasticidad	
						5	
						Otros Valores de Granulometría	
						D60	
						CU	
						D30	
						CC	
						D10	



Observaciones:



*Carlos A. Cornejo Quispe*  
**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5 Revisión : 0 Fecha : 15-06-18	
Cliente:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.				Muestra N°:	M-1	
Proyecto:					Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2	
Lugar:	CERRO LINDO				Muestreado por:	E. QUISPE I.	
Material:	RELLENO DE ESTRUCTURAL				Ensayado por:	E. QUISPE I.	
Tramo:					Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020				Coordenadas	Norte	Este
Cota:	0					0	0
<b>Datos del Ensayo</b>					<b>Método</b>		
Porcentaje de Agua	1	2	3	4	C		
Suelo Húmedo + Molde (g)	2.5	5	7	9	Molde N° Ø		
Peso del Molde (g)	11110	11260	11260	11200	6"		
Suelo Húmedo (g)	6315	6315	6315	6315	Número de Capas		
Volúmen del Molde (cm³)	4795	4945	4945	4885	5		
Densidad Húmeda (g/cm³)	2125	2125	2125	2125	Número de Golpes		
	2.256	2.327	2.327	2.299	56		
<b>Ensayo Humedad ASTM D 2216</b>					<b>Datos de la Granulometría</b>		
N° de Recipiente	1	2	3	4	Material Grueso > N° 4 :		
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	T-05	T-010	T-2	T-07	50.0		
Recipiente + Suelo Seco (g)	154.6	146.3	160.5	136.6	Arena		
Peso de Recipiente (g)	150.2	140.3	151.5	127.7	Limos		
Peso de Agua (g)	30.8	31.7	30.8	28.5	16.5		
Peso de Agua (g)	4.4	6.0	9.0	8.9			
Peso Suelo Seco (g)	119.4	108.6	120.7	99.3	<b>Otros Datos</b>		
Contenido de Humedad (%)	3.7	5.5	7.5	9.0	Temperatura de Secado		
Densidad Seca (g/cm³)	2.176	2.206	2.165	2.110	110.0		
					Método de Compactación		
					manual		
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
<b>Resultados Obtenidos del Ensayo</b>							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.164			Óptimo Contenido de Humedad	6.5		
<b>Resultados Corregidos (ASTM D-4718)</b>							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			



EDER QUISPE I.  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108737



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliente:	TESIS EDER QUISPE I "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-1
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO N° 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte 0 Este 0
Cota:	0						
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua	2.5	5	7	9		C	
Suelo Húmedo + Molde (g)	11110	11260	11280	11200		Molde N° Ø	6"
Peso del Molde (g)	6315	6315	6315	6315		Número de Capas	5
Suelo Húmedo (g)	4795	4945	4945	4885		Número de Golpes	56
Volumen del Molde (cm³)	2125	2125	2125	2125			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.256	2.327	2.327	2.299			
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-05	T-010	T-2	T-07		Material Grueso > N° 4 :	50.0
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	154.6	146.3	160.5	136.6		Arena	33.5
Recipiente + Suelo Seco (g)	150.2	140.3	151.5	127.7		Limos	16.5
Peso de Recipiente (g)	30.8	31.7	30.8	28.5			
Peso de Agua (g)	4.4	6.0	9.0	8.9			
Peso Suelo Seco (g)	119.4	108.6	120.7	99.3		Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)	3.7	5.5	7.5	9.0		Temperatura de Secado	110.0
Densidad Seca (g/cm³)	2.176	2.206	2.165	2.110		Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.206			Óptimo Contenido de Humedad	5.5		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)				Peso Específico de la Grava			
Máxima Densidad Seca				Óptimo Contenido de Humedad			



CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliente:	TESIS EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-2
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte 0 Este 0
Cota:	0						
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua	2	4	6	8		C	
Suelo Húmedo + Molde (g)	10887	11143	11291	11190		Molde N° Ø	6"
Peso del Molde (g)	6322	6322	6322	6322		Número de Capas	5
Suelo Húmedo (g)	4565	4821	4969	4868		Número de Golpes	56
Volumen del Molde (cm³)	2125	2125	2125	2125			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.148	2.269	2.338	2.291			
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-05	T-010	T-2	T-07		Material Grueso > N° 4 :	51.7
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	849.0	687.0	783.0	816.0		Arena	33.6
Recipiente + Suelo Seco (g)	828.0	665.0	747.0	769.0		Limos	14.7
Peso de Recipiente (g)	243.0	250.0	241.0	248.0			
Peso de Agua (g)	21.0	22.0	36.0	47.0			
Peso Suelo Seco (g)	585.0	415.0	506.0	521.0			
Contenido de Humedad (%)	3.6	5.3	7.1	9.0		Otros Datos	
Densidad Seca (g/cm³)	2.074	2.154	2.183	2.101		Temperatura de Secado	110.0
						Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.184			Óptimo Contenido de Humedad	7.0		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	19.4			Peso Específico de la Grava	2.629		
Máxima Densidad Seca	2.258			Óptimo Contenido de Humedad	5.7		



CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
						Revisión : 0	
						Fecha : 15-06-18	
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-3
Proyecto:						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 202
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte 0 Este 0
Cota:	0						
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	C
Porcentaje de Agua	2	4	6	8		Molde N° Ø	6"
Suelo Húmedo + Molde (g)	10672	10874	11097	11195		Número de Capas	5
Peso del Molde (g)	6322	6322	6322	6322		Número de Golpes	56
Suelo Húmedo (g)	4350	4552	4775	4873			
Volúmen del Molde (cm³)	2125	2125	2125	2125			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.047	2.142	2.247	2.293			
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-01	T-07	T-10	T-09		Material Grueso > N° 4 :	51.3
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	757.0	739.0	776.0	903.0		Arena	39.8
Recipiente + Suelo Seco (g)	740.0	716.0	744.0	852.0		Limos	9.0
Peso de Recipiente (g)	250.0	241.0	241.0	250.0			
Peso de Agua (g)	17.0	23.0	32.0	51.0			
Peso Suelo Seco (g)	490.0	475.0	503.0	602.0		Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)	3.5	4.8	6.4	8.5		Temperatura de Secado	110.0
Densidad Seca (g/cm³)	1.978	2.043	2.113	2.114		Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.134		Óptimo Contenido de Humedad	7.7			
Resultados Corregidos. (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	28.9		Peso Específico de la Grava	2.607			
Máxima Densidad Seca	2.252		Óptimo Contenido de Humedad	5.8			



**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
						Revisión : 0	
						Fecha : 15-06-18	
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-4
Proyecto						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte Este
Cota:	0					0	0
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua		2	4	6	8	Molde N° Ø	6"
Suelo Húmedo + Molde (g)		10672	10874	11097	11195	Número de Capas	5
Peso del Molde (g)		6322	6322	6322	6322	Número de Golpes	56
Suelo Húmedo (g)		4350	4552	4775	4873		
Volúmen del Molde (cm³)		2125	2125	2125	2125		
Densidad Húmeda (g/cm³)		2.047	2.142	2.247	2.293		
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente		T-01	T-07	T-10	T-09	Material Grueso > N° 4 :	69.6
Recipiente + Suelo Húmedo (g)		757.0	739.0	776.0	903.0	Arena	24.9
Recipiente + Suelo Seco (g)		740.0	716.0	744.0	852.0	Limos	5.5
Peso de Recipiente (g)		250.0	241.0	241.0	250.0		
Peso de Agua (g)		17.0	23.0	32.0	51.0		
Peso Suelo Seco (g)		490.0	475.0	503.0	602.0		
Contenido de Humedad (%)		3.5	4.8	6.4	8.5	Otros Datos	
Densidad Seca (g/cm³)		1.978	2.043	2.113	2.114	Temperatura de Secado	110.0
						Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.134			Óptimo Contenido de Humedad	7.5		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	54.3			Peso Específico de la Grava	2.625		
Máxima Densidad Seca	2.376			Óptimo Contenido de Humedad	4.0		

CARLOS A. CORTÉS QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
						Revisión : 0	
						Fecha : 15-06-18	
Ciente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CBHINCHA.					Muestra N°:	M-5
Proyecto						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO DE CARPETA RODADO					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte 0      Este 0
Cota:	0						
Datos del Ensayo	1	2	3	4		Método	C
Porcentaje de Agua	2	4	6	8		Molde N° Ø	6"
Suelo Húmedo + Molde (g)	10672	10874	11097	11195		Número de Capas	5
Peso del Molde (g)	6322	6322	6322	6322		Número de Golpes	56
Suelo Húmedo (g)	4350	4552	4775	4873			
Volúmen del Molde (cm³)	2125	2125	2125	2125			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.047	2.142	2.247	2.293			
Ensayo Humedad ASTM D 2216	1	2	3	4		Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente	T-01	T-07	T-10	T-09		Material Grueso > N° 4 :	49.6
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	757.0	739.0	776.0	903.0		Arena	35.1
Recipiente + Suelo Seco (g)	740.0	716.0	744.0	852.0		Limos	15.3
Peso de Recipiente (g)	250.0	241.0	241.0	250.0			
Peso de Agua (g)	17.0	23.0	32.0	51.0		Otros Datos	
Peso Suelo Seco (g)	490.0	475.0	503.0	602.0		Temperatura de Secado	110.0
Contenido de Humedad (%)	3.5	4.8	6.4	8.5		Método de Compactación	manual
Densidad Seca (g/cm³)	1.978	2.043	2.113	2.114			
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.134		Óptimo Contenido de Humedad	7.7			
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	25.3		Peso Específico de la Grava	2.621			
Máxima Densidad Seca	2.239		Óptimo Contenido de Humedad	6.0			
<p align="right">   CARLOS A. DORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL  CIP. 108787 </p>							

EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
						Revisión : 0	
						Fecha : 15-06-18	
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.					Muestra N°:	M-6
Proyecto						Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2
N° Proyecto:	CERRO LINDO					Muestreado por:	E. QUISPE I.
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL					Ensayado por:	E. QUISPE I.
Tramo:						Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020					Coordenadas	Norte 0 Este 0
Cota:	0						
Datos del Ensayo		1	2	3	4	Método	
Porcentaje de Agua		2	4	6	8	C	
Suelo Húmedo + Molde (g)		10769	10977	11235	11202	Molde N° Ø	6"
Peso del Molde (g)		6322	6322	6322	6322	Número de Capas	5
Suelo Húmedo (g)		4447	4655	4913	4880	Número de Golpes	56
Volúmen del Molde (cm³)		2125	2125	2125	2125		
Densidad Húmeda (g/cm³)		2.093	2.191	2.312	2.296		
Ensayo Humedad ASTM D 2216		1	2	3	4	Datos de la Granulometría	
N° de Recipiente		T-03	T-06	T-4	T-09	Material Grueso > N° 4 :	49.4
Recipiente + Suelo Húmedo (g)		779.0	799.0	927.0	767.0	Arena	42.1
Recipiente + Suelo Seco (g)		762.0	772.0	883.0	725.0	Limos	8.6
Peso de Recipiente (g)		243.0	250.0	241.0	241.0		
Peso de Agua (g)		17.0	27.0	44.0	42.0		
Peso Suelo Seco (g)		519.0	522.0	642.0	484.0	Otros Datos	
Contenido de Humedad (%)		3.3	5.2	6.9	8.7	Temperatura de Secado	110.0
Densidad Seca (g/cm³)		2.026	2.083	2.164	2.113	Método de Compactación	manual
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.172			Óptimo Contenido de Humedad	7.5		
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	32.5			Peso Específico de la Grava	2.471		
Máxima Densidad Seca	2.261			Óptimo Contenido de Humedad	5.4		

CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



EQTEST		Máxima Densidad / Humedad ASTM D 1557				SGC.SIG.PC.0003 - F5	
Revisión : 0		Fecha : 15-06-18					
Cliente:	TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.				Muestra N°:	M-7	
Proyecto					Muestreado en:	MINA - BOTADERO 2	
N° Proyecto:	CERRO LINDO				Muestreado por:	E. QUISPE I.	
Material:	RELLENO ESTRUCTURAL				Ensayado por:	E. QUISPE I.	
Tramo:					Fecha de Ensayo:	Agosto del 2020	
Fecha de Muestreo:	Agosto del 2020				Coordenadas	Norte	Este
Cola:	0					0	0
Datos del Ensayo	1	2	3	4	Método	C	
Porcentaje de Agua	2.5	5	7	9	Molde N° Ø	6"	
Suelo Húmedo + Molde (g)	11000	11270	11370	11250	Número de Capas	5	
Peso del Molde (g)	6322	6322	6322	6322	Número de Golpes	56	
Suelo Húmedo (g)	4678	4948	5048	4928			
Volumen del Molde (cm³)	2125	2125	2125	2125			
Densidad Húmeda (g/cm³)	2.201	2.328	2.376	2.319			
Ensayo Humedad ASTM D 2216	1	2	3	4	Datos de la Granulometría		
N° de Recipiente	T-01	T-02	T-3	T-04	Material Grueso > N° 4 :	49.6	
Recipiente + Suelo Húmedo (g)	584.4	578.6	755.7	645.3	Arena	37.1	
Recipiente + Suelo Seco (g)	572.5	560.6	719.4	608.0	Limos	13.3	
Peso de Recipiente (g)	153.0	160.0	158.0	163.0			
Peso de Agua (g)	11.9	18.0	36.3	37.3			
Peso Suelo Seco (g)	419.5	400.6	561.4	445.0	Otros Datos		
Contenido de Humedad (%)	2.8	4.5	6.5	8.4	Temperatura de Secado	110.0	
Densidad Seca (g/cm³)	2.141	2.228	2.231	2.140	Método de Compactación	manual	
<p align="center"><b>Curva de Densidad</b></p>							
Resultados Obtenidos del Ensayo							
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	2.248		Óptimo Contenido de Humedad	5.5			
Resultados Corregidos (ASTM D-4718)							
Retenido Tamiz 3/4" (%)	22.8		Peso Específico de la Grava	2.623			
Máxima Densidad Seca	2.324		Óptimo Contenido de Humedad	4.5			

  
**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787




**REGISTRO**  
 ÁREA DE CALIDAD

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**  
 (CONO DE ARENA - ASTM D-1556)

**PROYECTO:** TESIS: EDER QUISPE I. "ANÁLISIS DE RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS. UNIDAD CERRO LINDO - CHAVIN - CHINCHA.
**Nº CORRELATIVO:**

FR

**FECHA:**

Octubre del 2020

**AREA:**

PROYECTOS

ESTRUCTURA / FRENTE: RELLENO ESTRUCTURAL / FILTRO DE RELAVE

FASE / ELEMENTO / SECTOR: RELLENO ESTRUCTURAL CAPAS DE e= 0.30 m

PLANO/ESP. TEC.: PLANO ADJUNTO

**DATOS DEL MATERIAL:****Ubicación:** MONUMENTAL**Materia:** AFIRMADO (RELLENO ESTRUCTURAL)**Cantera:** BOTADERO Nº 2**RESUMEN DE DENSIDADES RELLENO ESTRUCTURAL**
 Carlos A. Gómez Qui  
 INGENIERO EN  
 CIP. 17879

DENSIDAD HUMEDA																			
NUMERO ENSAYO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
UBICACION DE LA PRUEBA		PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA	PLATAFORMA								
PROGRESIVA	Km	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
LADO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
COTA		2094.10	2094.4	2094.70	2095	2095.30	2095.6	2095.90	2096.2	2096.50	2096.8								
CAPA	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
ESPOSOR DE CAPA	m	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30								
DENSIDAD SECA IN-SITU DE LA MUESTRA TOTAL												n	s	Xp	Min	Max	DesvEst	Varianza	Coef Var
Peso de la arena + frasco	gr	6,290.0	6,280.0	6,260.0	6,210.0	6,040.0	6,390.0	6,310.0	6,330.0	6,360.0	6,720.0	10.0	63,190.0	6,319.0	6,040.0	6,720.0	171.0	29,254.4	1,710.4
Peso de la arena remanente + frasco	gr	1,785.0	1,744.0	1,740.0	1,290.0	790.0	1,450.0	880.0	1,380.0	1,470.0	3,000.0	10.0	15,529.0	1,552.9	790.0	3,000.0	612.0	374,530.8	6,119.9
Peso de la arena empleada (1-2)	gr	4,505.0	4,536.0	4,520.0	4,920.0	5,250.0	4,940.0	5,430.0	4,950.0	4,890.0	3,720.0	10.0	47,661.0	4,766.1	3,720.0	5,430.0	477.7	228,225.4	4,777.3
Peso de la arena en el cono y placa	gr	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	10.0	15,460.0	1,546.0	1,546.0	1,546.0	0.0	0.0	0.0
Peso de la arena en el hoyo (3-4)	gr	2,959.0	2,990.0	2,974.0	3,374.0	3,704.0	3,394.0	3,884.0	3,404.0	3,344.0	2,174.0	10.0	32,201.0	3,220.1	2,174.0	3,884.0	477.7	228,225.4	4,777.3
Densidad de la arena	gr/cm³	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440	10.0	14.4	1.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0
Volumen del hoyo (5/6)	cm³	2,054.9	2,076.4	2,065.3	2,343.1	2,572.2	2,356.9	2,697.2	2,363.9	2,322.2	1,509.7	10.0	22,361.8	2,236.2	1,509.7	2,697.2	331.8	110,062.4	3,317.6
DENSIDAD SECA IN-SITU DE LA MUESTRA TOTAL												n	s	Xp	Min	Max	DesvEst	Varianza	Coef Var
Peso de la muestra extraida del hoyo + recipiente	gr	5,010.0	5,100.0	4,960.0	5,900.0	6,430.0	5,820.0	6,460.0	5,960.0	5,830.0	4,180.0	10.0	55,650.0	5,565.0	4,180.0	6,460.0	727.3	529,027.8	7,273.4
Peso del recipiente	gr	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	10.0	2,400.0	240.0	240.0	240.0	0.0	0.0	0.0
Peso de la muestra extraida del hoyo (8-9)	gr	4,770.0	4,860.0	4,720.0	5,660.0	6,190.0	5,580.0	6,220.0	5,720.0	5,590.0	3,940.0	10.0	53,250.0	5,325.0	3,940.0	6,220.0	727.3	529,027.8	7,273.4
Densidad humedad In-Situ (10/7)	gr/cm³	2.321	2.341	2.285	2.416	2.406	2.367	2.306	2.420	2.407	2.610	10.0	23.9	2.4	2.3	2.6	0.1	0.0	0.9
Densidad seca In-Situ (11/1+(18/100))	gr/cm³	2.207	2.227	2.193	2.258	2.277	2.233	2.180	2.272	2.265	2.444	10.0	22.6	2.3	2.2	2.4	0.1	0.0	0.7
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL												n	s	Xp	Min	Max	DesvEst	Varianza	Coef Var
Peso de la muestra humedad + tarro	gr	105.2	105.1	104.2	107.0	105.7	106.0	105.8	106.5	106.3	106.8	10.0	1,058.6	105.9	104.2	107.0	0.9	0.7	8.6
Peso de la muestra seca + tarro	gr	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	10.0	1,000.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Peso del agua (13-14)	gr	5.2	5.1	4.2	7.0	5.7	6.0	5.8	6.5	6.3	6.8	10.0	58.6	5.9	4.2	7.0	0.9	0.7	8.6
Peso del tarro	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de la muestra seca (14-16)	gr	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	10.0	1,000.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
% de hum. De la muestra total (15/17+100)	%	5.20	5.10	4.20	7.00	5.70	6.00	5.80	6.50	6.30	6.80	10.0	58.6	5.9	4.2	7.0	0.9	0.7	8.6
CORRECCION DE LA DENSIDAD SECA Y CONTENIDO DE HUMEDAD												n	s	Xp	Min	Max	DesvEst	Varianza	Coef Var
Peso muestra extraida seca (10/1+(18/100))	gr	4534.2	4624.2	4529.8	5289.7	5856.2	5264.2	5879.0	5370.9	5258.7	3689.1	10.0	50,296.0	5,029.6	3,689.1	5,879.0	679.3	461,430.9	6,792.9
Peso del material extradi-mensionado humedo	gr	550.0	690.0	515.2	602.3	2040.0	1360.0	950.0	1640.0	1560.0	2450.0	10.0	12,367.5	1,236.8	515.2	2,450.0	680.7	463,310.1	6,806.7
Peso del mat extradi-m seco (20/(1+(26/100)))	gr	544.6	683.2	510.1	596.3	2019.8	1346.5	950.5	1623.8	1544.6	2425.7	10.0	12,245.0	1,224.5	510.1	2,425.7	673.9	454,181.0	6,739.3
Peso de la fraccion fina seca (19-21)	gr	3989.7	3941.0	4019.7	4693.4	3836.4	3917.6	4928.5	3747.1	3714.1	1263.4	10.0	38,050.9	3,805.1	1,263.4	4,928.5	979.5	959,469.0	9,795.2
% del material extradi-mensionado (21/19*100)	%	12.0	14.8	11.3	11.3	34.5	25.6	16.2	30.2	29.4	65.8	10.0	250.9	25.1	11.3	65.8	16.8	280.7	167.5
% del material de la fraccion fina (22/19*100)	%	88.0	85.2	88.7	88.7	65.5	74.4	83.8	69.8	70.6	34.2	10.0	749.1	74.9	34.2	88.7	16.8	280.7	167.5
Peso especifica del material extradi-mensionado		2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	10.0	26.4	2.6	2.6	2.6	0.0	0.0	0.0
% absorcion del material extradi-mensionado	%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10.0	10.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
% hum. De la fraccion fina ((100*18-26*23)/24)	%	5.77	5.81	4.61	7.76	8.17	7.72	6.73	8.88	8.50	17.94	10.0	81.9	8.2	4.6	17.9	3.7	13.6	36.9
Densidad seca fracción fina (12*25*24/(100*25-1)	gr/cm³	2.158	2.168	2.147	2.217	2.123	2.121	2.109	2.143	2.138	2.138	10.0	21.5	2.1	2.1	2.2	0.0	0.0	0.3
RESULTADOS Y GRADO DE COMPACTACION CORREGIDA :												n	s	Xp	Min	Max	DesvEst	Varianza	Coef Var
Max. Densidad Seca de Proctor	gr/cm³	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	10.0	21.4	2.1	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0
Óptimo contenido de humedad (Próctor)	%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	10.0	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Grado de compactación (28/29)*100	%	100.7%	101.1%	100.1%	103.4%	99.0%	98.9%	98.4%	99.9%	99.7%	99.7%	10.0	10.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.1
Grado de compactación especificado	%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	10.0	10.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Aceptación (AP/RE):	-	AP	AP	AP	AP	RE	RE	RE	RE	RE	RE								

# ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS (ACU)

## Relleno estructural

Costo unitario directo por : r 11.20

Mano de obra		Equipos		600 m³/Día		
600 m³/Día		Equipos		600 m³/Día		
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Mano de Obra						
OFICIAL	hh	1.0000		0.0167	9.54	0.16
OPERARIO	hh	1.0000		0.0167	11.06	0.18
CAPATAZ	hh	1.0000		0.0167	11.61	0.19
PEON	hh	2.0000		0.0333	8.93	0.30
						0.84
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	0.83	0.04
CAMION CISTERNA 5000GLN	hm	0.3000		0.0050	47.56	0.24
RODILLO LISO VIBR 20TN	hm	1.0000		0.0167	70.93	1.18
MOTONIVELADORA CAT 140	hm	1.0000		0.0167	82.83	1.38
						2.85
Subpartidas						
AGUA PARA LA OBRA	m3			0.1000	4.75	0.48
PREPARACION DE MATERIAL DE RELLENO	m3			1.0000	1.23	1.23
ZARANDEO DE MATERIAL	m3			1.2000	1.20	1.44
TRANSPORTE DE MATERIAL D= 5.00 KM	m3			1.0000	3.13	4.37
						4.37
103.00 TRANSPORTE DE MATERIAL D= 5.00 KM						4.37

### Velocidad de Producción

Costo unitario directo por : m3

Mano de obra	1,050.0000	m3/DIA Rend. MO	0.0095	hh/m3		
Equipos	1,050.0000	m3/DIA Rend. EQ		hm/m3		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
<b>Mano de Obra</b>						<b>0.09</b>
1004	PEON	hh	1.0000	0.0095	08.93	0.09
<b>Equipos</b>						<b>4.28</b>
2003	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	00.09	0.00
2012	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	7.0000	0.0667	52.00	3.47
2007	CARGADOR FRONTAL 962	hm	1.0000	0.0095	85.00	0.81

  
 CARLOS A. CORNEJO QUISPE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 108787



## Relave filtrado

Costo unitario directo por : r **5.71**

Mano de obra	800 m³/Día	Equipos	800 m³/Día			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Mano de Obra						
OFICIAL		hh	1.0000	0.0125	9.54	0.12
OPERARIO		hh	1.0000	0.0125	11.06	0.14
CAPATAZ		hh	1.0000	0.0125	11.61	0.15
PEON		hh	2.0000	0.0250	8.93	0.22
						0.63
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.63	0.03
CAMION CISTERNA 5000GLN		hm	0.3000	0.0038	47.56	0.18
RODILLO LISO VIBR 20TN		hm	1.0000	0.0125	70.93	0.89
MOTONIVELADORA CAT 140		hm	1.0000	0.0125	82.83	1.04
						2.13
Subpartidas						
PREPARACION DE MATERIAL DE RELLENO		m3		1.0000	1.23	1.23
TRANSPORTE DE MATERIAL D= 1.30 KM		m3		1.0000	1.71	1.71
						2.94

### TRANSPORTE DE MATERIAL D= 1.30 KM

Costo unitario directo por : r **1.71**

Mano de obra	1350 m³/Día	Equipos	1350 m³/Día			
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US	Parcial US
Mano de Obra						
PEON		hh	1.0000	0.0074	8.93	0.07
						0.07
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.07	0.00
CARGADOR FRONTAL 962		hm	1.0000	0.0074	80.78	0.60
CAMION VOLQUETE 15M3		hm	3.0000	0.0222	46.94	1.04
						1.64

*Carlos A. Cornejo Quispe*  
**CARLOS A. CORNEJO QUISPE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 106787**

# MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

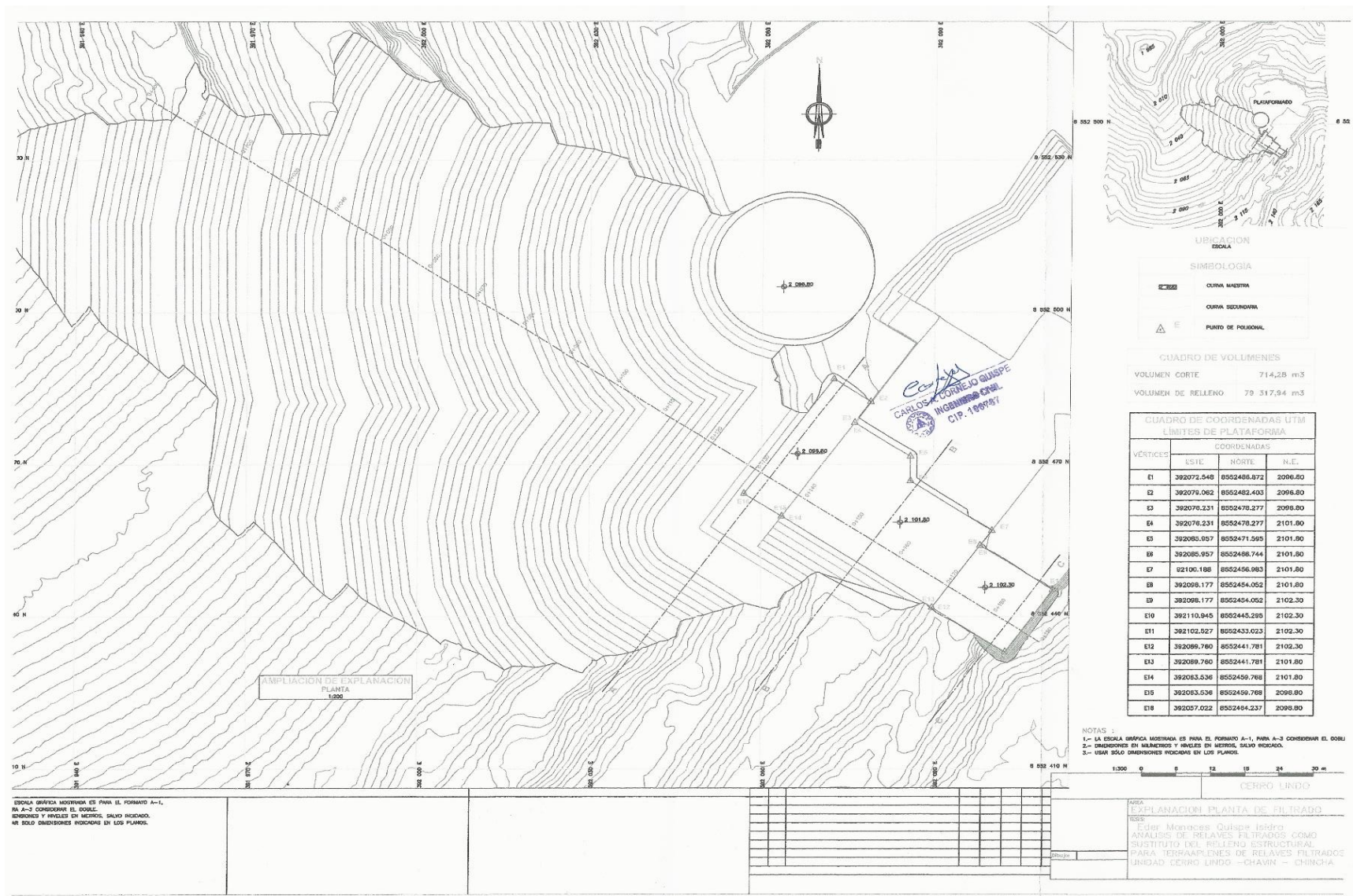
Anexo 1 . Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	MÉTODO	VARIABLES	INDICADOR
ANÁLISIS DEL RELAVE FILTRADO COMO SUSTITUTO DEL RELLENO ESTRUCTURAL PARA TERRAPLENES DE RELAVES FILTRADOS, UNIDAD CERRO LINDO CHAVIN CHINCHA	<b>GENERAL</b>  ¿Es factible sustituir el relleno estructural con relave filtrado para terraplén de relaves filtrados en la unidad Cerro Lindo?	<b>GENERAL</b>  Analizar técnica y económicamente el relave filtrado como sustituto factible del relleno estructural para terraplén de relaves filtrados en la unidad Cerro Lindo.	<b>GENERAL</b>  El relave filtrado cumple con los requisitos técnicos de rellenos estructurales y es factible dada las condiciones (clima, distancia y disposición) en la explanación de relaves filtrados en Cerro Lindo.	Descriptivo - experimental Cuantitativa	<b>Dependiente:</b>  1. Relleno estructural	MUESTREO Y LEVANTAMIENTO DE INFO 1. Compactación 2. Precio unitario 3. Topografía de terreno 4. Ensayos de laboratorio
	<b>ESPECÍFICOS</b>  1. ¿Qué propiedades físicas y mecánicas hacen del relave filtrado una alternativa de sustituir al relleno estructural?  2. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que se obtienen al aplicar el relave filtrado?  3. ¿Bajo qué condiciones se recomendable la aplicación del relave filtrado como reemplazo del relleno estructural?	<b>ESPECÍFICOS</b>  1. Analizar las propiedades físicas y mecánicas (humedad, granulometría, peso específico, sistema de clasificación, Límites de consistencia, proctor y densidad) del relave filtrado  2. determinar las ventajas y desventajas del relave filtrado  3. determinar condiciones en las cuales es recomendable el uso del relave filtrado.	<b>ESPECÍFICOS</b>  1. El relave filtrado tiene densidad superior considerable al compactarse y es clasificable en los sistemas SUCS y AASHOTO de suelos con valoración regular.  2. El uso de relave filtrado representa una reducción de tiempo en los rellenos, es de fácil aplicación, desarrolla estabilidad aceptable y aminorar costo; por lo tanto también, implica no aplicar su uso en climas lluviosos.  El relave filtrado, es aplicable en proyectos de construcción donde las condiciones de climáticas áridas, donde dificulten los métodos el uso de rellenos estructurales por costo y/o producción, por presentar accesos de tránsito restringido para la operación de maquinaria y/o requieren una gran reducción del plazo de ejecución.		<b>Independientes:</b>  1. Relave filtrado	1. Gradación 2. Proctor 3. Límites de consi 4. Humedad 5. Densidad de campo 6. Análisis de costos unitarios 7. Estabilidad





# PLANOS



Plano en planta de terraplénado con relaves filtrado



PLANEL FOTOGRAFICO





*Ensayo de compactación de densidad de relave filtrado, por el método cono de arena*



*Compactación en pie de terraplenado de nuevo filtrado de relaves*



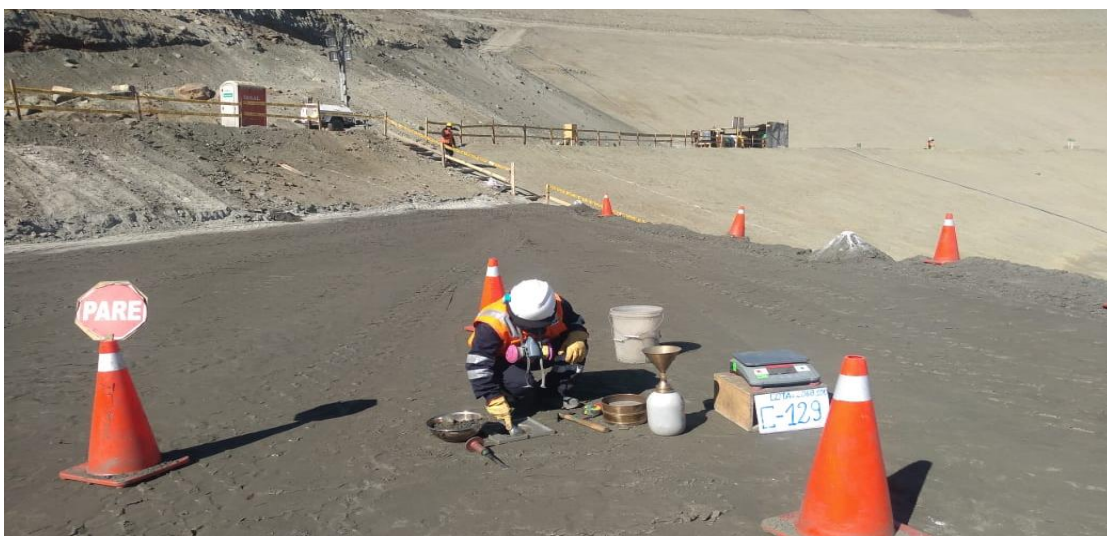




*Abastecimiento de despacho de relave filtrado en la depositacion "Check Dam"*



*Compactación con rodillo liso de 12 ton y conformación de terraplén de relaves filtrados*



*Ensayo de densidad de campo por el método cono de arena ASTM D-1556*



*Ensayos de para caracterización de materiales*



*Ensayos de para caracterización del relleno estructural*





*Ensayos de para caracterización del relleno estructural*



*Ensayos del relleno estructural*





*Muestreo de relleno estructural en "Botadero N°2"*



*Relleno estructural preparado en cantera "Botadero N°2"*





*Preparación y humedecimiento de relleno estructural en "Botadero N°2"*



*Colocación de relleno estructural sobre terraplén de relave filtrado colocado.*



*Preparación de relleno estructural en "Botadero N°2"*



**CARTA N° 01-2021-/PCL**

U.M Cerro Lindo, Junio del 2021.

Señores:

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Atención : UCV  
Luis Segura Terrones

Asunto : **Validación de ensayos de relave en la UMCL**

Referencia : Proyecto Nuevo Filtro de Relaves U. M. Cerro Lindo

De nuestra especial consideración.

El motivo de la presente es para hacerle llegar, que el señor Eder Quispe Isidro realizó los ensayos en laboratorio estándar suelos y concreto del contratista, del material Relave Filtrado y Relleno Estructural en las instalaciones de la U.M. Cerro Lindo. Por consiguiente los ensayos y resultados presentados para su tesis "Análisis del Relave Filtrado como Sustituto del Relleno Estructural para Terraplenes en la Unidad Cerro Lindo, Chavin - Chincha" son verdaderos y aceptados.

Sin otro particular me suscribo de Uds.

Atentamente,

Por NEXA RESOURCES PERU S.A.A

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ezio Vizcardo C.", is positioned above a horizontal line.

---

Ing. Ezio Vizcardo C.  
Superintendente de Proyectos  
[ezio.vizcardo@nexaresources.com](mailto:ezio.vizcardo@nexaresources.com)